

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 42 18 495.9  
22 Anmeldetag: 4. 6. 92  
43 Offenlegungstag: 10. 12. 92

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 01 L 23/522  
H 01 L 21/90  
H 01 L 21/312  
H 01 L 21/316  
G 03 F 7/038  
C 09 D 183/04  
// C 08J 3/28,3/24

DE 42 18 495 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31

06.06.91 JP 3-163956 05.07.91 JP 3-165631  
16.07.91 JP 3-175417 25.09.91 JP 3-245673

71 Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Färniß, P., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Hübner, H., Dipl.-Ing.,  
Rechtsanw.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8050  
Freising

72 Erfinder:

Adachi, Hiroshi; Adachi, Etsushi; Minami, Shintaro,  
Amagasaki, Hyogo, JP; Kotani, Hideo; Hayashide,  
Yoshio; Tsutsumi, Toshiaki; Matsuura, Masazumi;  
Ishii, Atsushi, Itami, Hyogo, JP

PTO 98-4759

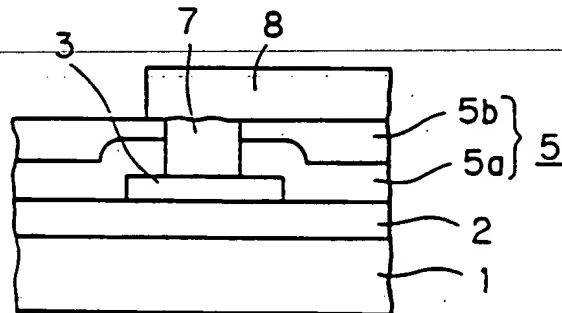
S.T.I.C. Translations Branch

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Halbleiter-Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung dieser Halbleiter-Vorrichtung

57 Erfindungsgemäß wird eine Halbleiter-Vorrichtung zur Verfügung gestellt, welche eine hohe Zuverlässigkeit und außergewöhnlich gute Herstellungseigenschaften aufweist. Die Halbleiter-Vorrichtung besitzt eine Wolfram-Schicht für die Verbindung von ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten (3, 8), welche durch CVD gebildet ist und lediglich in einem Kontaktloch aufgefüllt ist. Das Kontaktloch ist in einem Zwischenschicht-Isolierfilm definiert, der zwischen den Verdrahtungsschichten angeordnet ist. Zumindest eine zuoberste Schicht (5b) des zwischen den ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten (3, 8) angeordneten Zwischenschicht-Isolierfilmes ist aus einem gehärteten Film eines Silikonleiter-Polymers gebildet. Ein Maskenmaterial (9) für den Zwischenschicht-Isolierfilm wird aus einem Silikonleiter-Polymer-Film hergestellt, und dient zur Auffüllung des Kontaktloches mit dem Wolfram-Film mittels eines CVD-Verfahrens.

Erfindungsgemäß können beliebige CVD-Bedingungen für die Abscheidung von Wolfram im Hinblick auf einen geringen elektrischen Widerstand gewählt werden, wobei keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm auftritt.



DE 42 18 495 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleiter-Vorrichtung und bezieht sich insbesondere auf eine Halbleiter-Vorrichtung mit einem Zwischenschicht-Isolierfilm für die Erleichterung der Bildung von Verdrahtungsschichten über ein Kontaktloch, und bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Halbleiter-Vorrichtung.

Mit der Erhöhung der Integrationsdichte und der Verfeinerung der Strukturen bei LSI ist der Durchmesser eines Kontaktloches für die Zwischenschicht-Verbindung von Verdrahtungen derart reduziert worden, daß die Stufenbedeckung der Verdrahtungen verschlechtert worden ist, so daß der Kontaktwiderstand nachteiligerweise vergrößert wurde. Demzufolge wird ein derartiges Kontaktloch im allgemeinen mit einem Metall aufgefüllt.

Beispielsweise zeigen die Fig. 23A bis 23F in schematischen Schnittansichten aufeinanderfolgende Schritte des Auffüllens eines Kontaktloches bei einer Halbleiter-Vorrichtung mit Wolfram (W). Unter Bezugnahme auf diese Figuren weist die Halbleiter-Vorrichtung ein mit elektronischen Bauelementen ausgestattetes Halbleiter-Substrat 1, auf einen als Isolierfilm dienenden Siliziumoxid-Film 2, eine erste Metallverdrahtungsschicht 3 aus einer Al-Legierung, wie beispielsweise eine AlSi-Legierung, beispielsweise einen Zwischenschicht-Isolierfilm 4, der aus einem Siliziumoxid-Film gebildet ist, beispielsweise einen Photolack-Film 6, der als Maske für die Bildung eines Kontaktloches dient, beispielsweise eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer Al-Legierung, wie beispielsweise einer AlSi-Legierung, welche mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 über das Kontaktloch verbunden ist.

Im folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Halbleiter-Vorrichtung beschrieben. Wie es in Fig. 23A dargestellt ist, wird der Siliziumoxid-Film 2, der als Isolierfilm dient, auf dem Halbleiter-Substrat 1 durch CVD gebildet, und anschließend wird die erste Metallverdrahtungsschicht 3 aus einer Al-Legierung, wie beispielsweise einer AlSi-Legierung, darauf durch Sputtern und Photolithographie gebildet. Aktive Bauelemente, wie beispielsweise ein Transistor, die mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 verbunden werden sollen, sind der Einfachheit halber weggelassen.

Daran anschließend wird der als Zwischenschicht-Isolierfilm dienende Siliziumoxid-Film 4 auf dem Siliziumoxid-Film 2 und der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 durch CVD gebildet (Fig. 23B). Daran anschließend wird der Photolack-Film 6 gebildet, so daß ein Abschnitt des Siliziumoxid-Filmes 4 zur Definition eines Kontaktloches durch Belichten und Entwickeln freigelegt wird (Fig. 23C). Der Photolack-Film 6 wird entfernt, so daß das Kontaktloch gebildet wird (Fig. 23D).

Daran anschließend wird die Wolfram-Schicht 7 durch CVD mit einem Rohmaterialgas, enthaltend ein Metallfluorid wie beispielsweise  $WF_6$ , zur Auffüllung des Kontaktloches gebildet (Fig. 23E). Dabei werden die CVD-Bedingungen derart auf geeignete Weise eingestellt, daß die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 gebildet wird und in dem Kontaktloch auf eine selbstjustierende Weise aufgefüllt wird. Beispielsweise kann das Rohmaterialgas aus einem solchen mit  $WF_6$  und  $SiH_4$ , mit Teildrücken von einigen mTorr, und jeweils bei einem Flußverhältnis von  $SiH_4/WF_6 < 0,6$ , und unterhalb einer Bildungstemperatur von etwa  $300^\circ C$  zusammengesetzt sein.

Schließlich wird die zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer AlSi-Legierung durch Sputtern und Photolithographie derart gebildet, daß sie in Kontakt mit der Wolfram-Schicht 7. Somit berührt die erste Metallverdrahtungsschicht 3 die zweite Metallverdrahtungsschicht 8 über die in dem Kontaktloch vorgesehene Metallschicht (Wolfram-Schicht 7), welche in dem Siliziumoxid-Film 4 gebildet ist (Fig. 23F).

Bei dieser Halbleiter-Vorrichtung mit einer derartigen Anordnung wird der Zwischenschicht-Isolierfilm durch den Siliziumoxid-Film durch CVD gebildet. Es ist an sich bekannt, daß die Wachstumsrate einer Wolfram-Schicht, die zur Auffüllung des Kontaktloches mit CVD gebildet wird, von dem Substratmaterial abhängt. Beispielsweise wurde in einer Veröffentlichung (Nikkei Microdevices, Februar 1991, S. 48) dargestellt, daß Wolfram leichter auf einem Substratmaterial eines Metalles wächst als im Vergleich hierzu etwa auf einem Isoliermaterial. Es ist offenbar so, daß das Wachstum von Wolfram auf einem Material mit niedriger Elektronegativität, welches somit leichter Elektronen liefert, leichter vonstatten geht.

Es wurde ebenfalls gefunden, daß die Wachstumsrate der Wolfram-Schicht 7 mit der Art des Siliziumoxid-Filmes 4 variiert, welcher ganz allgemein als Isolierfilm verwendet wird. Ein durch thermische Oxidation von Silizium gebildeter Film wächst extrem schlecht entsprechend dem Wolfram-CVD, während dieser Film auf einem Plasma-CVD-Film leicht wächst. Obwohl es daher durchaus wirkungsvoll erscheint, einen Zwischenschicht-Isolierfilm aus einem thermischen Oxidationsfilm vom Silizium herzustellen, wurde der vorstehend genannten Zwischenschicht-Isolierfilm im allgemeinen aus einem Siliziumoxid-Film hergestellt, welcher durch das zuvor erwähnte CVD-Verfahren gebildet wird, aufgrund der begrenzten Wärmebeständigkeit der ersten Metallverdrahtungsschicht.

Es wurde ferner ein Verfahren der Dotierung eines durch CVD gebildeten Zwischenschicht-Isolierfilmes mit Phosphor vorgeschlagen, so daß kein Wolfram auf einem Siliziumoxid-Film (Zwischenschicht-Isolierfilm) wachsen wird, wie es beispielsweise in einer Veröffentlichung (J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology, Band 133, Nr. 6, Juni 1986) dargestellt worden ist. Jedoch wird die Beständigkeit gegen Feuchtigkeit des Filmes mit der Erhöhung der Menge des dotierten Phosphors verringert, so daß die Zuverlässigkeit der Halbleiter-Vorrichtung verschlechtert wird.

Bei der Bildung einer Wolfram-Schicht durch CVD in einem Kontaktloch eines durch CVD gebildeten Siliziumoxid-Filmes sind die Bedingungen für das Ermöglichen der Bildung desselben lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht derart eingeschränkt, daß Wolfram unvermeidlicherweise bei den meisten Bedingungen auch auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm abgeschieden wird. Eine derartige Abscheidung von Wolfram verursacht nachteiligerweise einen Kurzschluß über die Verdrahtungen und damit eine Beeinträchtigung oder Zerstörung der Funktionsweise der Halbleiter-Vorrichtung. Um derart abgeschiedenes Wolfram zu entfernen,

ist es notwendig, großflächig Rückätzmaßnahmen mit komplizierten Prozeßschritten durchzuführen, wodurch jedoch die in dem Kontaktloch aufgefüllte Wolframschicht ebenfalls unerwünschterweise verringert wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Halbleiter-Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, bei der eine durch CVD gebildete Wolfram-Schicht lediglich in einem Kontaktloch aufgefüllt werden kann, wobei unter keinen Umständen ein Wachstum auf einem Zwischenschicht-Isolierfilm auftritt, wodurch die Auswahl der Wolfram-CVD-Bedingungen im Hinblick auf geringen elektrischen Widerstand ermöglicht werden soll, so daß keine Maßnahmen zur Rückätzung erforderlich sind, da kein Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm abgeschieden wird, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Halbleiter-Vorrichtung anzugeben.

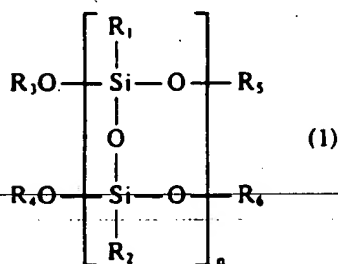
Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die in den Ansprüchen 1, 12 und 15 angegebenen Merkmale.

Die vorliegende Erfindung beruht auf experimentellen Erkenntnissen der Erfinder bei den Versuchen zur Vermeidung des Entstehens eines Wachstumskeims aus Wolfram auf einem Photolack-Film. Es fand die Tatsache Berücksichtigung, daß die Zusammensetzung eines Plasma-CVD-Filmes dermaßen von einem stöchiometrischen Verhältnis abweicht, daß ungepaarte Elektronen auf der Filmoberfläche für die Erleichterung des Keimwachstums zur Verfügung gestellt werden. Somit ermittelten die Erfinder ein Verfahren zur Verwendung eines Photolack-Filmes mit einer Zusammensetzung im Bereich eines stöchiometrischen Verhältnisses ohne vorhandene ungepaarte Elektronen als Maskierungsmaterial, und vervollständigten hiermit die vorliegende Erfindung.

Eine Halbleiter-Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist auf: ein Halbleitersubstrat mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche, eine auf der oberen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildete erste Metallverdrahtungsschicht, einen Zwischenschicht-Isolierfilm, der selektiv die erste Metallverdrahtungsschicht mit einer Öffnung bedeckt, welche definiert ist auf der ersten Metallverdrahtungsschicht, und einen Photolack-Film zumindest auf dem zuobersten Teil aufweist, eine zumindest in der Öffnung gebildete und elektrisch mit der ersten Metallverdrahtungsschicht zu verbindende Metallschicht, und eine auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm und der Metallschicht gebildete und elektrisch mit der Metallschicht zu verbindende zweite Metallverdrahtungsschicht.

Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Halbleiter-Vorrichtung auf: ein Halbleitersubstrat mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche, eine auf der oberen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildete erste Metallverdrahtungsschicht, einen Zwischenschicht-Isolierfilm, der selektiv die erste Metallverdrahtungsschicht mit einer Öffnung bedeckt, die definiert ist auf der ersten Metallverdrahtungsschicht, und die im wesentlichen aus einem Photolack-Film besteht, eine Metallschicht, die in der Öffnung gebildet ist unterhalb des Zwischenschicht-Isolierfilmes auf der ersten Metallverdrahtungsschicht hervorsteht und elektrisch mit der ersten Metallverdrahtungsschicht verbunden ist, und eine auf den Zwischenschicht-Isolierfilm und der Metallschicht gebildete und mit der Metallschicht elektrisch zu verbindende zweite Metallverdrahtungsschicht.

Der Photolack-Film ist aus einem gehärteten Film eines Silikonleiter-Polymers gebildet, welcher durch die folgende Formel ausgedrückt wird:



wobei  $R_1$  und  $R_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  und  $R_6$  Wasserstoffatome oder untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl von 5 bis 1000 darstellt.

Bevorzugterweise ist das Silikonleiter-Polymer photopolymerisch. Ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung weist die folgenden Schritte auf: (a) Bilden eines Halbleitersubstrates mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche, (b) Bilden einer ersten Metallverdrahtungsschicht auf der oberen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates, (c) Bilden eines Zwischenschicht-Isolierfilmes mit einem Photolack-Film auf zumindest dem zuobersten Teil einer aufgrund der Schritte (a) und (b) erhaltenen Anordnung, (d) selektives Entfernen des Zwischenschicht-Isolierfilmes zur Bildung einer Öffnung auf der ersten Metallverdrahtungsschicht, (e) Bilden einer Metallschicht, die elektrisch mit der ersten Metallverdrahtungsschicht verbunden wird, zumindest in der Öffnung, und (f) Bilden einer zweiten Metallverdrahtungsschicht, die elektrisch mit der Metallschicht verbunden wird, auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm und der Metallschicht.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung ist zumindest die zuoberste Schicht des Zwischenschicht-Isolierfilmes aus einem Photolack-Film hergestellt, wodurch die Selektivität beträchtlich verbessert wird, wenn eine Metallschicht aus Wolfram oder dergleichen selektiv in einem Kontaktloch gebildet wird, welches in dem Zwischenschicht-Isolierfilm gebildet wird, im Vergleich zu einem Fall des direkten Bildens einer derartigen Metallschicht auf einem Siliziumoxid-Film oder einem Nitrid-Film, welcher als Zwischenschicht-Isolierfilm dient. Somit kann die Metallschicht aus Wolfram oder dergleichen tatsächlich lediglich in dem Kontaktloch aufgefüllt werden, wobei keinerlei Wachstum auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm bei solchen Bedingungen auftritt, daß die Selektivität bei der Bildung des Zwischenschicht-Isolierfilmes aufgrund eines Siliziumoxid-Filmes oder eines

Nitrid-Filmes verlorengeht. Es ist somit möglich, die Wolfram-CVD-Bedingungen optimal im Hinblick auf einen geringen elektrischen Widerstand einzustellen. Des weiteren wird keine Maßnahme zur Rückätzung benötigt, da keinerlei Metall, wie beispielsweise Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm abgeschieden wird.

Es ist möglich, eine Metallverdrahtungsschicht zu bilden, die eine hervorragende Haftung auf dem Silikonleiter-Polymer-Film zeigt, und der eine außerordentlich gute Ebenheit aufweist.

Des weiteren wird der photopolymerische Silikonleiter-Polymer-Film derart verwendet, daß kein Photolack-Film benötigt wird und demzufolge die Herstellungsschritte vereinfacht werden können.

Der durch die vorstehend beschriebene chemische Formel (1) dargestellte Silikonleiter-Polymer-Film wird als Maskenmaterial zur Bedeckung des Zwischenschicht-Isolierfilmes verwendet, wodurch die durch CVD gebildete Wolfram-Schicht lediglich in dem Kontaktloch unter beliebigen Bedingungen aufgefüllt werden kann, wobei tatsächlich kein Wachstum auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm auftritt. Es ist somit möglich, die Wolfram-CVD-Bedingungen im Hinblick auf einen geringen elektrischen Widerstand auszuwählen. Des weiteren ist keine Maßnahme zur Rückätzung notwendig, da keinerlei Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm abgeschieden wird.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung ist, wie nachstehend noch ausführlich beschrieben wird, zumindest die zuoberste Schicht des zwischen den ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten gebildeten Zwischenschicht-Isolierfilmes auf dem Halbleitersubstrat gebildet, wodurch die durch CVD gebildete Metallschicht in Kontakt mit den ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten lediglich in dem in dem Zwischenschicht-Isolierfilm gebildeten Kontaktloch unter beliebigen Bedingungen aufgefüllt wird, wobei tatsächlich weder ein Wachstum, noch eine Abscheidung von Metall auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm auftritt. Somit wird kein Kurzschluß zwischen den Verdrahtungsschichten verursacht, und die Metall-CVD-Bedingungen können im Hinblick auf geringen elektrischen Widerstand ausgewählt werden, wodurch es ermöglicht wird, eine Halbleiter-Vorrichtung mit qualitativ hochwertigen Eigenschaften mit einem geringen Verdrahtungswiderstand zu erhalten. Des weiteren können die Kosten verringert werden, da es nicht notwendig ist, Rückätzungsmaßnahmen durchzuführen.

Der Photolack-Film wird durch den gehärteten Film eines Silikonleiter-Polymers mit außergewöhnlich guten Ebenheitseigenschaften gebildet, wodurch die darauf gebildete zweite Metallverdrahtungsschicht keine Ablösung verursacht und es demzufolge ermöglicht wird, eine äußerst zuverlässige Halbleiter-Vorrichtung zu erhalten.

Aufgrund der weiteren Ausgestaltung des photopolymerischen Silikonleiter-Polymer-Filmes wird kein Photolack-Film benötigt, so daß die Herstellungsschritte weiter vereinfacht werden können.

Die in Kontakt mit den ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten befindliche Metallschicht wird durch Auffüllen des Metalles in dem Kontaktloch, das in dem Zwischenschicht-Isolierfilm gebildet ist, durch CVD gebildet, wobei der Silikonleiter-Polymer-Film als ein Maskierungsmaterial dient, wodurch das Metall lediglich in dem Kontaktloch wächst und tatsächlich kein Wachstum auf dem Silikonleiter-Polymer-Film auftritt. Somit wird es ermöglicht, eine Halbleiter-Vorrichtung mit hervorragenden Eigenschaften und einem geringen Verdrahtungswiderstand herzustellen. Da absolut keinerlei Metall auf einem Abschnitt außerhalb des Kontaktloches aufwächst, ist es unnötig, irgendwelche Rückätzmaßnahmen zur Entfernung derartiger Metallreste durchzuführen, wodurch die Kosten weiter verringert werden können.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines zweiten beispielhaften Verfahrens zur Herstellung der Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 eine schematische Schnittansicht einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

rungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 14A bis 14C schematische Schnittansichten von aufeinanderfolgenden Schritten eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 16 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 17 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 18 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 20 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 21 eine schematische Schnittansicht eines Schrittes eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 22A und 22B schematische Schnittansichten von aufeinanderfolgenden Schritten eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung, entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 23A bis 23F schematische Schnittansichten von Schritten zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung.

### Beispiel 1

Die Fig. 1 bis 6 zeigen in schematischen Schnittansichten Prozeßschritte eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Unter Bezugnahme auf diese Figuren weist die Halbleiter-Vorrichtung Elemente 1 bis 3 und 6 bis 8 auf, die denen der an sich bekannten Halbleiter-Vorrichtung ähnlich sind. Ein Zwischenschicht-Isolierfilm 5 ist zwischen zwischen zwei Schichten eines Siliziumoxid-Filmes 5a und eines Polyimid-Filmes (Photolack-Filmes) 5b gebildet, wobei letzterer auf dem Siliziumoxid-Film 5a gebildet ist.

Es wird nun das Verfahren zur Herstellung dieser Halbleiter-Vorrichtung beschrieben. Ähnlich wie bei der an sich bekannten Halbleiter-Vorrichtung wurde ein Siliziumoxid-Film 2 auf einem Halbleitersubstrat 1 und eine erste Metallverdrahtungsschicht 3 auf dem Siliziumoxid-Film 2 gebildet. Daran anschließend wurde der Siliziumoxid-Film 5a auf dem Siliziumoxid-Film 2 und der ersten Metallverdrahtungsschicht durch CVD und dergleichen gebildet (Fig. 1).

Daran anschließend wurde ein allgemein erhältlicher Polyimid-Photolack (PIQ von Hitachi Chemical Co., Ltd.) für elektronische Bauelemente mit einer Dicke von 0,8 µm auf dem Siliziumoxid-Film 5a als ein hochhitzebeständiges Polymer im Schleuderverfahren aufgetragen und bei 150°C für 30 min und bei 350°C für 60 min zur Ausbildung des Polyimid-Photolack-Filmes 5b wärmebehandelt (Fig. 2). Dann wurde auf an sich bekannte Weise ein Photolack-Film 6 aufgetragen und zur Definierung eines Kontaktloches strukturiert (Fig. 3). Dann wurde zur Ausbildung einer vorbestimmten Strukturierung in dem Polyimid-Photolack-Film 5b Hydrazin angewendet. Daran anschließend wurde der Siliziumoxid-Film 5a auf an sich bekannte Weise geätzt, und der Photolack-Film 6 wurde mittels eines Sauerstoffplasmas entfernt (Fig. 4). Da hierbei auch der Polyimid-Photolack (PIQ) ebenfalls bis zu einem gewissen Grad geätzt wurde, wurde die ursprüngliche Filmdicke des Polyimid-Photolack-Filmes 5b zuvor größer ausgebildet. Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases mit WF<sub>6</sub> auf an sich bekannte Weise ausgebildet. Hierbei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Polyimid-Film 5b auftrat (Fig. 5). Des weiteren wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer AlSi-Legierung durch Sputtern und Photolithographie auf an sich bekannte Art und Weise derart gebildet, daß die Schicht 8 in Kontakt ist mit der Wolfram-Schicht 7 (Fig. 6).

Bei der Halbleiter-Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die zuoberste Schicht des Zwischenschicht-Isolierfilmes 5 durch den Polyimid-Film 5b gebildet, so daß keinerlei Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm, d. h. dem Polyimid-Film 5b, unter beliebigen CVD-Bedingungen zum Auffüllen des Kontaktloches mit Wolfram wächst, so daß die Wolfram-Schicht 7 lediglich in dem Kontaktloch-gebildet werden kann. Im Zusammenhang mit der Auswahl der CVD-Bedingungen zur Bildung der Wolfram-Schicht 7 wird demzufolge die Anzahl der Freiheitsgerade derart verbessert, daß die Wolfram-CVD-Bedingungen im Hinblick auf geringen elektrischen Widerstand ausgewählt werden können, so daß es beispielsweise ermöglicht wird, eine stabile Halbleiter-Vorrichtung mit einem geringen Kontaktwiderstand zu erhalten. Des weiteren wird kein Metall, wie beispielsweise Wolfram, auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm 5 abgeschieden, so daß keine Kurzschlußgefahr zwischen den Metallverdrahtungsschichten 3 und 8 auftreten kann. Des weiteren können die Kosten verringert werden, da der Schritt des Rückätzens von abgeschiedenem Metall, wie beispielsweise Wolfram, entfallen kann.

### Beispiel 2

Anstelle des Polyimid-Photolackes wurde ein Fluorocarbon-Photolack (Cytop(TM) von Asahi Glass Co., Ltd.) zur Bildung eines Fluorocarbon-Photolack-Filmes 5b mit einer Dicke von 0,6 µm als eine obere Schicht auf einem Zwischenschicht-Isolierfilm verwendet. Ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel 1 wurde eine Wolfram-

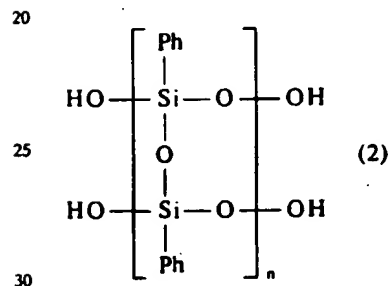
Schicht gebildet, außer daß dieser Photolack-Film 5b mit  $\text{CF}_4$  geätzt wurde. Dabei wurde die Wolfram-Schicht lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen Bedingungen gebildet, wobei ebenfalls tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Photolack-Film 5b auftrat.

### Beispiel 3

Anstelle des Polyimid-Photolackes wurde ein Cyclobuten-Photolack (BCB von Dow Chemical Co., Ltd.) zur Bildung eines Cyclobuten-Photolack-Filmes 5b mit einer Dicke von  $0,6 \mu\text{m}$  als obere Schicht auf einen Zwischenschicht-Isolierfilm verwendet. Ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel 1 wurde eine Wolfram-Schicht gebildet, außer daß der genannten Photolack-Film 5b mit  $\text{O}_2/\text{SF}_6$  geätzt wurde. Dabei wurde ebenfalls die Wolfram-Schicht lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen Bedingungen gebildet, wobei keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Cyclobuten-Photolack 5b auftrat.

### Beispiel 4

Nachstehend wird ein viertes Beispiel erläutert, welches durch Verwenden eines gehärteten Filmes aus einem Silikonleiter-Polymer hergestellt worden ist, welches durch die folgende Gleichung (2) ausgedrückt wird, anstelle des Polyimid-Photolackes als eine obere Schicht eines Zwischenschicht-Isolierfilmes:



wobei Ph eine Phenyl-Gruppe darstellt und n eine ganze Zahl von 20 bis 1000 darstellt.

Ähnlich wie bei den Ausführungsbeispiel 1 wurde ein Siliziumoxid-Film 5a gebildet (Fig. 1). Daran anschließend wurde eine Anisol-Lösung (eingestellt in der Konzentration von 5 Gew.-%) des durch die vorstehende chemische Formel (2) ausgedrückten Silikonleiter-Polymers mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 100 000 zur Bildung eines Silikonleiter-Polymer-Filmes der Dicke von  $0,2 \mu\text{m}$  auf dem Siliziumoxid-Film 5a im Schleuderverfahren aufgetragen. Dann wurde eine Wärmebehandlung bei  $150^\circ\text{C}$  für 30 min und bei  $350^\circ\text{C}$  für 60 min zur Wärmeausheilung des Silikonleiter-Polymers durchgeführt, wodurch ein Silikonleiter-Polymer-Film 5b (Fig. 2) gebildet wurde. Das in der chemischen Formel (2) ausgedrückte Silikonleiter-Polymer mit Hydroxyl-Gruppen an seinen Enden wurde durch ein Verfahren hergestellt, welches in der japanischen Patentveröffentlichungs-Gazette Nr. 1-92 224 (1989) offenbart ist.

Daran anschließend wurde ein Photolack-Film 6 für die Definition eines Kontaktloches auf ähnliche Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel 1 strukturiert (Fig. 3), und es wurde ein Siliziumoxid-Film 5a auf an sich bekannte Weise mit einer Gasmischung, bestehend beispielsweise aus  $\text{CHF}_3$  und Sauerstoff, zur Ausbildung des Kontaktloches plasmageätzt. Dabei war es möglich, das Kontaktloch gleichzeitig über einen Zwischenschicht-Isolierfilm 5, der durch die zwei Schichten des Siliziumoxid-Filmes 5a und des Silikonleiter-Polymer-Filmes 5b gebildet ist, über einen einzigen Ätzprozeß auszubilden (Fig. 4).

Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 in dem Kontaktloch durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases mit  $\text{WF}_6$  auf ähnliche Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel 1 aufgefüllt. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 5b auftrat (Fig. 5).

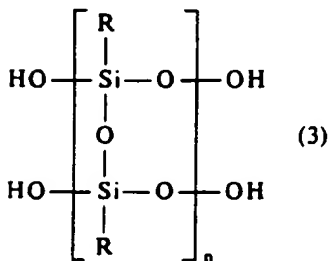
Dann wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer AlSi-Legierung durch Sputtern und Photolithographie derart gebildet, daß die Schicht in Berührung mit der Wolfram-Schicht 7 war (Fig. 6).

Entsprechend diesem Beispiel wird das Silikonleiter-Polymer 5b derart verwendet, daß das Kontaktloch gleichzeitig über den Siliziumoxid-Film 5a und den Silikonleiter-Polymer-Film 5b in einem einzigen Ätzprozeß als Zusatzvorteil zu der Wirkung gemäß Beispiel 1 gebildet wird, so daß die Herstellungsschritte weiter in der Anzahl verringert und vereinfacht werden können. Des weiteren zeigt ein derartiger Silikonleiter-Polymer-Film 5b hervorragende Eigenschaften bezüglich der Wärmebeständigkeit bei etwa  $50^\circ\text{C}$  und des weiteren ausgezeichnete Eigenschaften im Hinblick auf Unlöslichkeit im Vergleich zu beispielsweise einem Polyimid-Photolack-Film auf. Zusätzlich weist der Silikonleiter-Polymer-Film einen dielektrischen Dissipationsfaktor ( $\tan \delta$ ) mit einem dielektrischen Verlustverhältnis auf, welches kleiner ist um eine Größenordnung als dasjenige des Polyimid-Photolack-Filmes beispielsweise, als auch eine geringere interne Spannungsneigung, welche etwa halb so groß ist wie bei dem Polyimid-Photolack-Film. Folglich ist die Halbleiter-Vorrichtung gemäß Beispiel 4 hinsichtlich der Zuverlässigkeit im Vergleich zum Beispiel 1 verbessert. Der dielektrische Dissipationsfaktor ( $\tan \delta$ ) stellt ein Verhältnis einer Leckstromkomponente  $I_2$  zu einem Verschiebungsstrom  $I_1$  ( $= I - I_2$ ) eines Wechselstromes  $I$  dar, der nach Anlegen einer Spannung  $E$  fließt. Des weiteren ist der Silikonleiter-Polymer-Film 5b in der Ebenheit derart ausgezeichnet, daß es möglich ist, eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8, die leicht zur

Ablösung neigt, auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 5b zu bilden. Zusätzlich kann der Silikonleiter-Polymer-Film 5b bei wesentlich milderem Niedrigtemperaturbedingungen im Vergleich zu einem thermischen Oxidationsfilm aus Silizium gebildet werden, um der begrenzten Wärmebeständigkeit der ersten Verdrahtungsschicht 3, welche die untere Schicht bildet, Rechnung zu tragen.

#### Beispiel 5

Die Fig. 7 bis 12 zeigen in schematischen Schnitansichten aufeinanderfolgende Schritte zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung unter Verwendung eines gehärteten Filmes eines photopolymerischen Silikonleiter-Polymers, wie beispielsweise eines Photolack-Filmes 5c, der auf einer oberen Schicht eines Zwischenschicht-Isolierfilmes 5 gebildet wird. Wie es in Fig. 7 dargestellt ist, wurde ein Siliziumoxid-Film 5a auf einem Halbleitersubstrat 1 und einem Siliziumoxid-Film 2 auf an sich bekannte Weise gebildet. Dann wurde eine Anisol-Lösung (mit einer Konzentration von 10,0 Gew.-% und etwa 3 Gew.-% eines Bisazid-Bestandteiles als Sensibilisierer enthaltend) auf einem Silikonleiter-Polymer, welches durch die folgende chemische Formel (3) ausgedrückt ist und ein mittleres Molekulargewicht von 100 000 aufweist, zur Bildung des photopolymerischen Silikonleiter-Polymer-Filmes 5c mit einer Dicke von 1,0 µm im Schleuderverfahren aufgetragen und daran anschließend bei 150°C für 30 min einer Wärmebehandlung unterzogen (Fig. 8). Daran anschließend wurde eine Belichtung über eine Maske mit einer vorbestimmten Strukturierung durchgeführt, und das Silikonleiter-Polymer wurde von einem unbelichteten Abschnitt mit einem organischen Lösungsmittel entfernt (Fig. 9). Daran anschließend wurde eine Wärmebehandlung bei 350°C durchgeführt.



wobei R eine Phenyl-Gruppe oder eine Vinyl-Gruppe mit 37,5 Mol.-% darstellt. n stellt eine ganze Zahl dar, so daß ein gewichtsgemitteltes Molekulargewicht von 100 000 erreicht wird.

Daran anschließend wurde ein Kontaktloch in dem Siliziumoxid-Film 5a auf an sich bekannte Art und Weise durch Plasmaätzen mit einem gemischten Gas, beispielsweise aus CHF<sub>3</sub> und Sauerstoff, über eine Maske des Silikonleiter-Polymer-Filmes 5c gebildet (Fig. 10). Obwohl der Silikonleiter-Polymer-Film 5c hierbei ebenfalls geätzt wurde, ergab sich kein Problem, da die Ätzrate hierfür kleiner war als 1/3 der Ätzrate für den Siliziumoxid-Film 5a.

Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases mit WF<sub>6</sub> auf ähnliche Weise wie bei dem vorstehend beschriebenen Beispiel gebildet. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 5c stattfand (Fig. 11). Des weiteren wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 als Verbindung mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 über das Kontaktloch gebildet (Fig. 12).

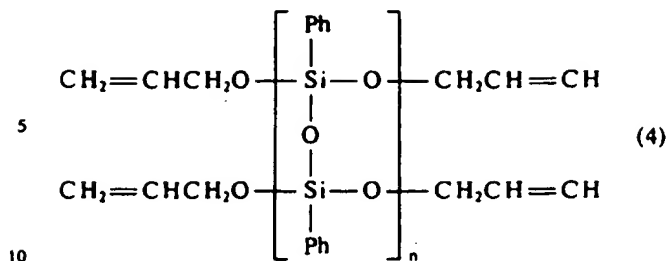
Entsprechend diesem Beispiel wird im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel kein Photolack-Film 6 benötigt, wodurch die Herstellungsschritte weiter in der Anzahl verringert und vereinfacht werden können.

Das photopolymerische Silikonleiter-Polymer mit Hydroxyl-Gruppen wird wie folgt synthetisiert: Beispielsweise werden 52,9 g Phenyltrichlorsilan und 24,2 g Vinyltrichlorsilan in Methylisobutylketon hydrolysiert. Dann wird die somit gebildete Säure durch Auswaschen für die Neutralisierung entfernt, und daran anschließend wird 0,25 g Kaliumhydroxid als Katalysator zur Durchführung einer Dehydrations/Kondensationsreaktion unter einer Rektifikation für 20 h verwendet. Das somit erhaltene Reagenz wird durch eine Fusions/Repräzipitations-Methode gereinigt.

#### Beispiel 6

Eine Wolfram-Schicht 7 wurde durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases mit WF<sub>6</sub> ähnlich wie bei dem Beispiel 5 gebildet, mit der Ausnahme, daß ein photopolymerisches Silikonleiter-Polymer ausgehend von der nachstehenden chemischen Formel (4) hergestellt wurde, welches photosensitive Gruppen an seinen Enden aufweist (und welches eine Konzentration von 20,0 Gew.-% aufweist und etwa 3% einer Bisazid-Zusammensetzung als Sensibilisierer enthält). Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen Bedingungen gebildet, wobei tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf einem Silikonleiter-Polymer-Film 5c auftrat.





wobei Ph eine Phenyl-Gruppe darstellt und n eine ganz Zahl zur Erzielung eines gewichtsgemittelten Molekulargewichtes von etwa 3000 bezeichnet.

Das bei dieser Ausführungsform verwendete photopolymerische Silikonleiter-Polymer wurde durch ein Verfahren synthetisiert, welches beispielsweise in der japanischen Patentveröffentlichungs-Gazette Nr. 2-15 864 (1990) offenbart ist.

#### Beispiel 7

Fig. 13 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Halbleiter-Vorrichtung entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Während der Zwischenschicht-Isolierfilm 5 durch die beiden Schichten des Siliziumoxid-Filmes 5a und des Photolack-Filmes 5b oder 5c, wie beispielsweise in Form eines Silikonleiter-Polymer-Filmes, bei den jeweiligen Beispielen des ersten Ausführungsbeispiels gebildet ist, ist nunmehr ein Zwischenschicht-Isolierfilm 5 durch lediglich einen Photolack-Film 5b oder 5c, wie beispielsweise einen Silikonleiter-Polymer-Film, entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel, gebildet.

Ein Beispiel des Verfahrens gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf einen Silikonleiter-Polymer-Film beschrieben. Eine erste Metallverdrahtungsschicht 3 wurde auf ähnliche Weise wie bei jedem Beispiel des ersten Ausführungsbeispiels gebildet. Dann wurde die Silikonleiter-Polymer-Lösung (eingestellt in einer Konzentration von 15 Gew.-%), die durch die obige chemische Gleichung (2) ausgedrückt ist, im Schleuderverfahren auf der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 zur Bildung eines Filmes mit einer Dicke von 1 µm abgeschieden, und daran anschließend wurde eine Wärmebehandlung auf ähnliche Art und Weise wie bei dem Beispiel 4 zur Bildung eines Silikonleiter-Polymer-Filmes 5b durchgeführt.

Daran anschließend wurde ein Kontaktloch auf ähnliche Weise wie bei jedem der vorstehenden Beispiele gebildet, und es wurde eine Wolfram-Schicht 7 in dem Kontaktloch durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterials, enthaltend WF<sub>6</sub>, aufgefüllt. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen auf ähnliche Weise wie bei den vorstehenden Beispielen gebildet, wobei tatsächlich keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 5b auftrat. Des weiteren wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 in Verbindung mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 über das Kontaktloch (Wolfram-Schicht 7) gebildet. Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wurden ähnliche Wirkungen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt.

#### Beispiel 8

Die photopolymerische Silikonleiter-Polymer-Lösung (in der Konzentration eingestellt mit 15-Gew.-% und enthaltend etwa 3% einer Bisazid-Zusammensetzung als einen Sensibilisierer), die durch die chemische Formel (3) ausgedrückt ist, wurde im Schleuderverfahren auf eine erste Metallverdrahtungsschicht 3 auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 5 aufgetragen, zur Ausbildung eines photopolymerischen Silikonleiter-Polymer-Filmes 5c als ein einzelner Zwischenschicht-Isolierfilm. Daran anschließend wurde eine vorbestimmte Strukturierung auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 5 in dem Silikonleiter-Polymer-Film 5c gebildet. Hieran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 in einem Kontaktloch durch CVD in Verwendung eines Rohmaterialgases, enthaltend WF<sub>6</sub>, aufgefüllt. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, auf ähnliche Weise wie bei den vorstehend beschriebenen Beispielen, wobei absolut keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 5c auftrat. Des weiteren wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 gebildet und über das Kontaktloch (Wolfram-Schicht 7) mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 verbunden.

#### Beispiel 9

Die Fig. 14A bis 14C zeigen in schematischen Schnittansichten aufeinanderfolgende Schritte des Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung entsprechend einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Ein Silikonleiter-Polymer-Film 5d wird durch Ätzen der Oberfläche eines Filmes 5b derart gebildet, daß die Wolfram-Schicht 7 hervorsteht.

Im folgenden wird ein Beispiel des Verfahrens entsprechend dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Eine Wolfram-Schicht 7 wurde in ein Kontaktloch auf ähnliche Weise wie das erste Ausführungsbeispiel aufgefüllt (Fig. 14A). Daran anschließend wurde die Oberfläche des Silikonleiter-Polymer-

Filmes 5b unter denselben Ätzbedingungen wie bei der Bildung des Kontaktloches geätzt, beispielsweise zur Verringerung der Dicke des Silikonleiter-Polymer-Filmes 5b (Silikonleiter-Polymer-Film 5d). Somit steht die Wolfram-Schicht 7 oberhalb des Silikonleiter-Polymer-Filmes 5d hervor (Fig. 14B). Daran anschließend wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 durch Sputtern und Photolithographie gebildet (Fig. 14C).

Entsprechend dem dritten Ausführungsbeispiel wurden ähnliche Wirkungen wie bei dem ersten oder zweiten Ausführungsbeispiel erzielt, während die Wolfram-Schicht 7 vollständig mit der zweiten Metallverdrahtungsschicht 8 verbunden werden kann, da erstere in letztere eingesetzt wird, wobei die Kontaktoberfläche zur Verringerung des Widerstandes vergrößert ist. Somit ist es möglich, eine Halbleiter-Vorrichtung mit weiterhin in der Zuverlässigkeit verbesserten Verdrahtungsschichten zu erhalten.

#### Beispiel 10

Die Fig. 15 bis 21 zeigen in schematischen Schnittansichten aufeinanderfolgende Schritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Unter Bezugnahme auf diese Figuren bezeichnen identische Bezugsziffern dieselben Elemente. Das Bezugszeichen 9 bezeichnet einen Silikonleiter-Polymer-Film eines Maskierungsmaterials.

Ein Siliziumoxid-Film 4 wurde auf an sich bekannte Art und Weise gebildet (Fig. 15). Daran anschließend wurde eine Anisol-Lösung (eingestellt in der Konzentration zu 5 Gew.-%) eines Silikonleiter-Polymers, welches durch die vorstehend bezeichnete chemische Formel (2) dargestellt ist und ein gewichtsgemittelter Molekulargewicht von 100 000 aufweist im Schleuderverfahren zur Bildung des Silikonleiter-Polymer-Filmes 9 mit einer Dicke von 0,2 µm abgeschieden und darauffolgend einer Wärmebehandlung bei 150°C für 30 min und bei 350°C für 60 min zur Hitzeaushärtung unterzogen (Fig. 16).

Daran anschließend wurde ein Photolack-Film 6 zur Definierung eines Kontaktloches auf an sich bekannte Art und Weise strukturiert (Fig. 17) und auf ebenso an sich bekannte Art und Weise entfernt. Der Siliziumoxid-Film 4 wurde durch Plasmaätzen mit einer Gasmischung, beispielsweise aus CHF<sub>3</sub> und Sauerstoff, zur Bildung des Kontaktloches geätzt. Dabei war es möglich, gleichzeitig den Isolierfilm 4 und den Silikonleiter-Polymer-Film 9 über einen einzigen Ätzprozeß zu bearbeiten bzw. zu strukturieren.

Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 auf an sich bekannte Art und Weise durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases mit beispielsweise WF<sub>6</sub> bündig mit dem Siliziumoxid-Film 4 gebildet. Hierbei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei absolut keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 9 auftrat (Fig. 19).

Daran anschließend wurde der Siliziumoxid-Film 4 auf an sich bekannte Art und Weise durch Plasmaätzen mit einer Gasmischung, aus CHF<sub>3</sub> und Sauerstoff beispielsweise, geätzt, um den Silikonleiter-Polymer-Film 9 zu entfernen (Fig. 20).

Dann wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer AlSi-Legierung durch Sputtern und Photolithographie in Berührung mit der Wolfram-Schicht 7 auf ebenfalls an sich bekannte Art und Weise vorbereitet (Fig. 21).

Ferner wurde bei dem Verfahren gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Silikonleiter-Polymer-Film 9 als Maskenmaterial zur Bedeckung des Siliziumoxid-Filmes 4 verwendet, wodurch die Wolfram-Schicht 7 lediglich in dem Kontaktloch unter beliebigen Bedingungen aufgefüllt werden kann, um die Auswahl der Wolfram-CVD-Bedingungen im Hinblick auf geringen elektrischen Widerstand zu ermöglichen. Ferner wurde keine Maßnahme zur Rückätzung benötigt, da keinerlei Wolfram auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm abgeschieden wurde, ähnlich wie bei den zuvor erwähnten Beispielen.

#### Beispiel 11

Unter Bezugnahme auf die Fig. 22A und 22B wird ein weiteres Beispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert. Ein Silikonleiter-Polymer-Film 9 wurde auf einem Siliziumoxid-Film 4 gebildet, und ein Kontaktloch wurde auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 10 gebildet. Obwohl die Wolfram-Schicht 7 in bündiger Form mit dem Siliziumoxid-Film 4 gemäß dem Beispiel 10 gebildet worden ist, wurde gemäß dem Beispiel 11 eine Wolfram-Schicht 7 in bündiger Form mit dem Silikonleiter-Polymer-Film 9 gebildet. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei absolut keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 9 auftrat.

Ähnlich wie bei dem Beispiel 10 wurde der Silikonleiter-Polymer-Film 9 gemäß Fig. 22A entfernt, und es wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 gemäß Fig. 22B gebildet, die in Kontakt war mit der ersten Metallverdrahtungsschicht 3 über das Kontaktloch (Wolfram-Schicht 7).

Entsprechend diesem Beispiel ist die Wolfram-Schicht 7 derart gebildet, daß sie über den Zwischenschicht-Isolierfilm 4 hervortritt, wodurch die Schicht in noch zuverlässiger Weise in Kontakt mit der zweiten Metallverdrahtungsschicht gebracht werden kann, so daß sich zusätzlich zu den genannten Wirkungen des Beispiels 10 ein weiterer Vorteil ergibt.

#### Beispiel 12

Unter Bezugnahme auf die Fig. 15 bis 21 wird nun ein Beispiel 12 gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert. Ein Siliziumoxid-Film 4 wurde gemäß Fig. 15 auf ähnliche Weise wie bei den zuvor beschriebenen Beispielen gebildet.

Daran anschließend wurde eine Anisol-Lösung (eingestellt in der Konzentration zu 5 Gew.-%) des durch die

vorstehend genannte chemische Formel (3) ausgedrückten Silikonleiter-Polymers mit einem gewichtsgemitteltem Molekulargewicht von 100 000 im Schleuderverfahren abgeschieden, zur Bildung eines Silikonleiter-Polymer-Filmes mit einer Dicke von 0,2 µm als ein Maskenmaterial. Daran anschließend wurde dieser Film bei 150°C für 30 min getrocknet (Fig. 16).

5 Daran anschließend wurde ein Photolack-Film 6 zur Definierung eines Kontaktloches (Fig. 17) auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 10 strukturiert und anschließend entfernt. Der Siliziumoxid-Film 4 wurde durch Plasmaätzen mit einer Gasmischung von beispielsweise CHF<sub>3</sub> und Sauerstoff zur Bildung des Kontaktloches geätzt. Dabei war es möglich, den Isolierfilm 4 und den Silikonleiter-Polymer-Film 9 durch einen einzigen Ätzprozeß zu verarbeiten bzw. zu strukturieren (Fig. 18).

10 Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases, enthaltend WF<sub>6</sub>, in bündiger Form mit dem Isolierfilm 4 gebildet. Hierbei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei absolut keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 9 auftrat (Fig. 19).

Daran anschließend wurde der Silikonleiter-Polymer-Film 9 durch NaBätzen mit einem Anisol, beispielsweise auf die an sich bekannte Art und Weise, entfernt (Fig. 20).

15 Des weiteren wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 aus einer AlSi-Legierung durch Sputtern und Photolithographie in Kontakt mit der Wolfram-Schicht 7 auf ähnliche Weise der an sich bekannten Art gebildet (Fig. 21).

20 Entsprechend diesem Beispiel wird ein ungehärteter Film als im Schleuderverfahren aufgetragener Silikonleiter-Polymer-Film 9 verwendet, wodurch der Silikonleiter-Polymer-Film 9 auf leichte Weise durch NaBätzen entfernt werden kann, so daß sich zu den Wirkungen des Beispiels 10 ein weiterer Vorteil ergibt.

#### Beispiel 13

25 Unter Bezugnahme auf die Fig. 15 bis 21 wird nun ein Beispiel 13 der vorliegenden Erfindung erläutert. Ein Siliziumoxid-Film 4 wurde gemäß Fig. 15 auf absolut ähnliche Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel 10 gebildet.

Daran anschließend wurde eine Anisol-Lösung (eingestellt in der Konzentration zu 5 Gew.-%) des durch die vorstehend beschriebene chemische Formel (1) ausgedrückten Silikonleiter-Polymers mit photosensitiven Gruppen an seinen Enden mit einem gewichtsgemittelten Molekulargewicht von 100 000 im Schleuderverfahren zur Bildung eines photopolymerischen Silikonleiter-Polymer-Filmes 9 mit einer Dicke von 0,2 µm als ein Maskenmaterial abgeschieden und anschließend bei 150°C für 30 min getrocknet (Fig. 18).

Daran anschließend wurde der Silikonleiter-Polymer-Film 9 zur Definierung eines Kontaktloches strukturiert, und der Siliziumoxid-Film 4 wurde durch Plasmaätzen mit einer Gasmischung von beispielsweise CHF<sub>3</sub> und Sauerstoff auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 10 zur Bildung des Kontaktloches geätzt (Fig. 18).

35 Daran anschließend wurde eine Wolfram-Schicht 7 auf ähnliche Weise wie an sich bekannt durch CVD unter Verwendung eines Rohmaterialgases, enthaltend WF<sub>6</sub> beispielsweise, derart gebildet, daß der Siliziumoxid-Film 4 hiermit bündig ist. Dabei wurde die Wolfram-Schicht 7 lediglich auf einer ersten Metallverdrahtungsschicht 3 unter beliebigen CVD-Bedingungen gebildet, wobei absolut keinerlei Wachstum von Wolfram auf dem Silikonleiter-Polymer-Film 8 (Fig. 19) auftrat.

40 Daran anschließend wurde der Silikonleiter-Polymer-Film 9 gemäß Fig. 20 auf ähnliche Weise wie bei dem Beispiel 10 entfernt, und es wurde eine zweite Metallverdrahtungsschicht 8 in Kontakt mit der Wolfram-Schicht 7 gebildet (Fig. 21).

45 Entsprechend diesem Beispiel wird ein photopolymerischer Silikonleiter-Polymer-Film verwendet, wodurch kein Photolack-Film benötigt wird, und die Herstellungsschritte somit in der Anzahl verringert werden können, zusätzlich zu den vorteilhaften Wirkungen gemäß dem Beispiel 10.

#### Vergleichsbeispiel 1

50 Während der Silikonleiter-Polymer-Film 9 als zuoberste Schicht des Zwischenschicht-Isolierfilmes 4 als Maskenmaterial entsprechend der vorliegenden Erfindung gebildet wird, wird bei dem Vergleichsbeispiel ein Film einer organischen Substanz, wie beispielsweise Photolack-Material, als zuoberste Schicht eines Zwischenschicht-Isolierfilmes 4 beschrieben, um die hierbei entstehenden Nachteile im Vergleich zu den vorherigen Beispielen zu erläutern. Als erstes ist die Wärmebeständigkeit des bei diesem Vergleichsbeispiel verwendeten Filmes außerordentlich verschlechtert im Vergleich zur Verwendung des Polymers gemäß der vorliegenden Erfindung. Demzufolge ergibt sich ein bemerkenswerter Nachteil, insbesondere dann, wenn ein Kontaktloch in dem Verfahren gebildet wird. Es ergibt sich nämlich ein ernstes Problem dann, wenn eine Metallschicht 7 durch CVD für die Verbindung der ersten und zweiten Metallverdrahtungsschichten 3 und 8 gebildet wird. Da das Kontaktloch durch CVD bei einer Temperatur von etwa 300°C aufgefüllt wird, wird die weniger wärmebeständige organische Substanz, wie beispielsweise Photolack-Material, verdampft oder aufgrund der Hitze zersetzt, wobei die Kammer der CVD-Vorrichtung oder die Halbleiter-Vorrichtung selbst kontaminiert werden kann.

60 Der Photolack-Film entsprechend der vorliegenden Erfindung kann von einem beliebigen Photolack, wie beispielsweise Silikonleiter-Polymer, Polyimid-Photolack, Fluoro-Photolack, Cyclobuten-Photolack oder dergleichen, hergestellt sein, solange der Photolack-Film eine geringe Verunreinigungs-Ionenkonzentration und eine hohe Reinheit aufweist, und hitzebeständig ist gegen die beim Herstellungsverfahren auftretenden Temperaturen der Wärmebehandlungen.

Obwohl der Silikonleiter-Polymer-Film auf der Grundlage des durch die vorstehend beschriebene chemische Formel (1) ausgedrückten Silikonleiter-Polymers bei jedem der vorstehenden Beispiele hergestellt ist, kann

zumindest einer der durch die vorstehend beschriebene chemische Formel (1) ausgedrückten Silikonleiter-Polymere, wie beispielsweise Polyphenylsilsesquioxan, Polyphenylmethylsilsesquioxan, Polyvinylsilsesquioxan, Polyarylsilsesquioxan und dergleichen, beispielsweise verwendet sein.

Während das photopolymerische Silikonleiter-Polymer auf der Grundlage der chemischen Formel (3) oder (4) hergestellt wurde bei jeden der vorstehenden Beispiele, kann zumindest eines derjenigen, die durch die obige chemische Formel (1) ausgedrückt sind, wie beispielsweise Polyphenylvinylsilsesquioxan, Polymethylvinylsilsesquioxan, Polyisobutylvinylsilsesquioxan, Polyphenylarylsilsesquioxan, Polymethylarylsilsesquioxan, Polyisobutylarylsilsesquioxan und dergleichen, verwendet sein. Jedoch kann das Silikonleiter-Polymer nicht unbedingt auf die vorstehend beschriebenen beschränkt, sondern kann auch von einem beliebigen anderen photosensitiven Polymer hergestellt sein.

Der Polyimid-Photolack wird aus einem allgemein erhältlichen Photolack, wie beispielsweise PIX oder PIQ von Hitachi Chemical Co., Ltd., hergestellt.

Der Fluorocarbon-Photolack wird aus einem allgemein erhältlichen Photolack, wie beispielsweise Cytop (TM) von Asahi Glass Co., Ltd., hergestellt.

Der Cyclobuten-Photolack wird aus einem allgemein erhältlichen Photolack, wie beispielsweise BCB von Dow Chemical Co., Ltd., hergestellt.

Obwohl die Metallschicht 7 aus Wolfram zur Auffüllung des Kontaktloches in jedem der vorstehend beschriebenen Beispiele hergestellt ist, ist das Material für diese Schicht nicht auf Wolfram beschränkt, sondern es kann alternativ auch ein anderes Metall, wie beispielsweise Molybdän, Titan, Iridium, Vanadium, Chrom oder Osmium oder eine Legierung oder ein Silizid hiervon verwendet werden.

Obwohl jedes der vorstehend beschriebenen Beispiele zwei Verdrahtungsschichten aufweist, ist die vorliegende Erfindung auch selbstverständlich für drei oder mehrere Verdrahtungsschichten verwendbar.

#### Patentsprüche

1. Halbleiter-Vorrichtung, welche aufweist:

ein Halbleitersubstrat mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche;

eine auf der oberen Hauptoberfläche gebildete erste Metallverdrahtungsschicht;

einen Zwischenschicht-Isolierfilm, der selektiv die erste Metallverdrahtungsschicht mit einer Öffnung definiert auf der ersten Metallverdrahtungsschicht bedeckt, wobei der Zwischenschicht-Isolierfilm einen Photolack-Film zumindest auf seinem zuobersten Teil aufweist;

eine Metallschicht, die zumindest in der Öffnung gebildet ist und elektrisch verbunden ist mit der ersten Metallverdrahtungsschicht; und

eine zweite Metallverdrahtungsschicht, die auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm und der Metallschicht gebildet ist und elektrisch verbunden ist mit der Metallschicht.

2. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat auf seiner oberen Hauptoberfläche einen Isolierfilm aufweist.

3. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolierfilm im wesentlichen aus einem Oxidfilm besteht.

4. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht durch CVD (Chemische Dampfabcheidung) gebildet ist.

5. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenschicht-Isolierfilm aufweist:

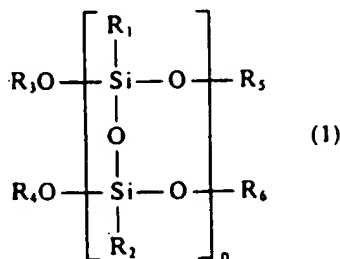
einen Isolierfilm, und

wobei der Photolack-Film auf dem Isolierfilm gebildet ist.

6. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolierfilm im wesentlichen aus einem Oxidfilm besteht.

7. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenschicht-Isolierfilm im wesentlichen aus dem Photolack-Film besteht.

8. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film im wesentlichen aus einem gehärteten Film aus einem Silikonleiter-Polymer besteht, welches durch die folgende Formel ausgedrückt ist:



wobei  $R_1$  und  $R_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  und  $R_6$  Wasserstoffatome oder untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl von 20 bis 1000 darstellt.

9. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Silikonleiter-Polymer photopolymerisch ist.

10. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die durch  $R_1$  und  $R_2$  in der Formel (1) dargestellten Gruppen photopolymerische ungesättigte Gruppen darstellen, die zumindest 3 Mol-% von photopolymerischen Gruppen aufweisen.

11. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht in der Öffnung über die obere Oberfläche des Zwischenschicht-Isolierfilmes vorsteht.

12. Halbleiter-Vorrichtung, welche aufweist:

ein Halbleitersubstrat mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche;

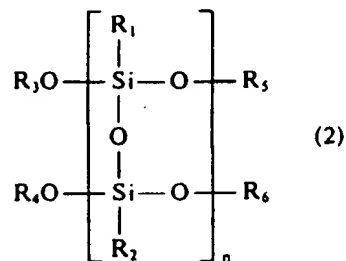
eine auf der oberen Hauptoberfläche gebildete erste Metallverdrahtungsschicht;

einen Zwischenschicht-Isolierfilm, der selektiv die erste Metallverdrahtungsschicht mit einer Öffnung definiert auf der ersten Metallverdrahtungsschicht bedeckt, wobei der Zwischenschicht-Isolierfilm im wesentlichen aus einem Photolack-Film besteht;

eine Metallschicht, die in der Öffnung gebildet ist und über den Zwischenschicht-Isolierfilm hinaus auf der ersten Metallverdrahtungsschicht vorsteht, wobei die Metallschicht elektrisch verbunden ist mit der ersten Metallverdrahtungsschicht; und

eine zweite Metallverdrahtungsschicht, die auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm mit der Metallschicht gebildet ist und mit der Metallschicht elektrisch verbunden ist.

13. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film im wesentlichen aus einem gehärteten Film aus einem Silikonleiter-Polymer besteht, welches durch die folgende Formel ausgedrückt ist:



wobei  $R_1$  und  $R_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  und  $R_6$  Wasserstoffatome oder untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl von 20 bis 1000 darstellt.

14. Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Silikonleiter-Polymer photopolymerisch ist.

15. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung mit den Schritten:

a) Bilden eines Halbleitersubstrates mit einer isolierenden oberen Hauptoberfläche;

b) Bilden einer ersten Metallverdrahtungsschicht auf der oberen Hauptoberfläche;

c) Bilden eines Zwischenschicht-Isolierfilmes mit einem Photolack-Film auf zumindest seinem zuobersten Teil auf einer Struktur, die durch die Schritte (a) und (b) erhalten wird;

d) selektives Entfernen des Zwischenschicht-Isolierfilmes zur Bildung einer Öffnung auf der ersten Metallverdrahtungsschicht;

e) Bilden einer Metallschicht zumindest in der Öffnung, wobei die Metallschicht elektrisch verbunden ist mit der ersten Metallverdrahtungsschicht; und

f) Bilden einer zweiten Metallverdrahtungsschicht auf dem Zwischenschicht-Isolierfilm und der Metallschicht, und die elektrisch verbunden ist mit der Metallschicht.

16. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (a) den Schritt aufweist:

a-1) Bilden eines Oxidfilmes auf der oberen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates.

17. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (e) den Schritt aufweist:

e-1) Bilden der Metallschicht durch CVD (Chemische Dampfabcheidung).

18. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (c) die Schritte aufweist:

c-1) Bilden eines Oxidfilmes auf einer Struktur, die durch die Schritte (a) und (b) erhalten wird, und

c-2) Bilden des Photolack-Filmes auf dem Oxidfilm.

19. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (e) des weiteren den Schritt aufweist:

e-3) Ätzen der oberen Oberfläche des Photolack-Filmes zur Reduzierung seiner Dicke.

20. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (c) den Schritt aufweist:

c-3) Bilden des Photolack-Filmes auf einer Struktur, welche durch die Schritte (a) und (b) erhalten wird.

21. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (e) den Schritt aufweist:

e-3) Bilden der Metallschicht derart, daß sie über die obere Oberfläche des Photolack-Filmes vorsteht.  
 22. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (d) die Schritte aufweist:

d-1) Bilden eines weiteren Photolack-Filmes auf dem Photolack-Film und Strukturieren desselben, dadurch Bilden einer Maske, und

d-2) selektives Entfernen des Zwischenschicht-Isolierfilmes durch die Maske zur Bildung der Öffnung.

23. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (d-2) die Schritte aufweist:

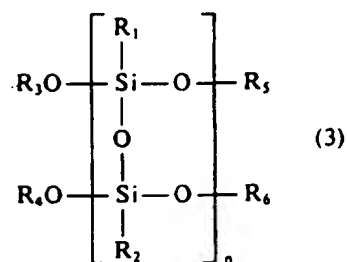
d-2-1) selektives Entfernen des Photolack-Filmes und

d-2-2) selektives Entfernen des Oxidfilmes.

24. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film im wesentlichen aus einem gehärteten Film eines Silikonleiter-Polymers gebildet ist, und der Schritt (d-2) den Schritt aufweist:

d-2-3) Ätzen des Photolack-Filmes und des Oxidfilmes durch dieselbe Verarbeitung.

25. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Silikonleiter-Polymer durch die folgende Formel ausgedrückt ist:



wobei  $R_1$  und  $R_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  und  $R_6$  Wasserstoffatome und untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl zwischen 5 und 1000 darstellt.

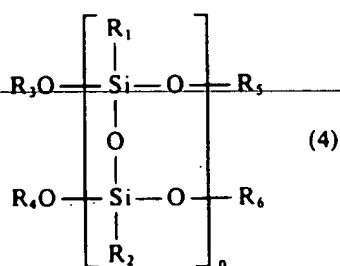
26. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film photopolymerisch ist und der Schritt (d) die Schritte aufweist:

d-3) selektives Belichten des Photolack-Filmes,

d-4) selektives Entfernen eines unbelichteten Teiles des Photolack-Filmes zur Bildung einer Maske, und

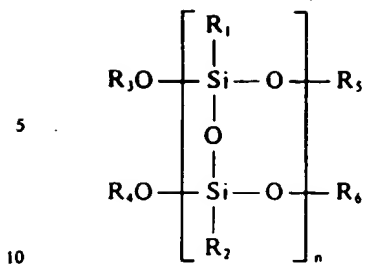
d-5) selektives Entfernen des Oxidfilmes durch die Maske zur Bildung der Öffnung.

27. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film im wesentlichen aus einem Silikonleiter-Polymer besteht, welches durch die folgende Formel dargestellt ist:



wobei  $R_1$  und  $R_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  und  $R_6$  Wasserstoffatome oder untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl von 5 bis 1000 darstellt.

28. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Photolack-Film im wesentlichen aus einem Silikonleiter-Polymer besteht, der durch die folgende Formel dargestellt ist:



wobei  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  Phenyl-, untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen,  $\text{R}_3$ ,  $\text{R}_4$ ,  $\text{R}_5$  und  $\text{R}_6$  Wasserstoffatome oder untere Alkyl- oder photosensitive Gruppen darstellen, und  $n$  eine ganze Zahl von 5 bis 1000 darstellt.

29. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (d) die Schritte aufweist:

d-6) Bilden eines weiteren Photolack-Filmes auf dem Photolack-Film und Strukturieren desselben, dadurch Bilden einer Maske, und

d-7) selektives Entfernen des Zwischenschicht-Isolierfilmes durch die Maske zur Bildung der Öffnung.

30. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Silikonleiter-Polymer photopolymerisch ist, und der Schritt (d) die Schritte aufweist:

d-8) selektives Belichten des Photolack-Filmes, und

d-9) selektives Entfernen eines unbelichteten Teiles des Photolack-Filmes zur Bildung der Öffnung.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

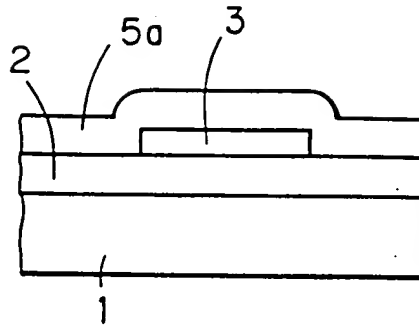


FIG. 2

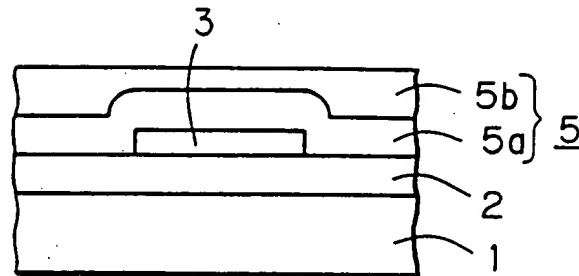


FIG. 3

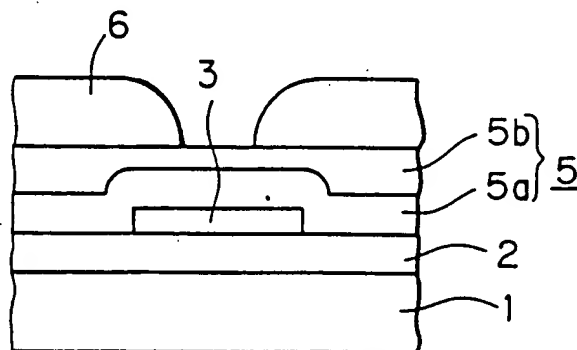




FIG. 4

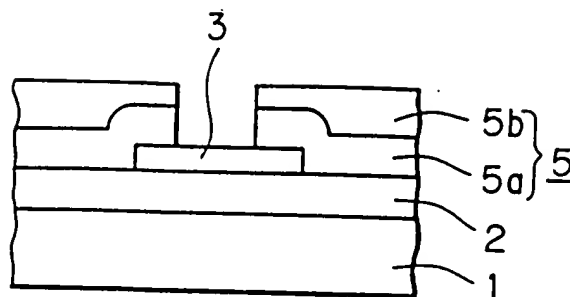


FIG. 5

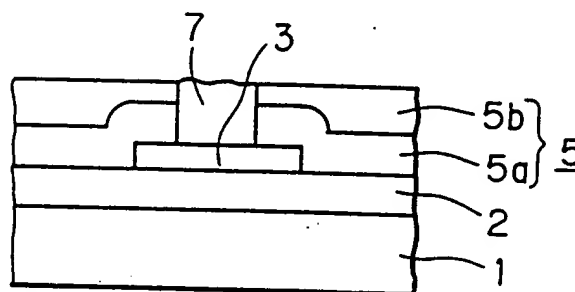


FIG. 6

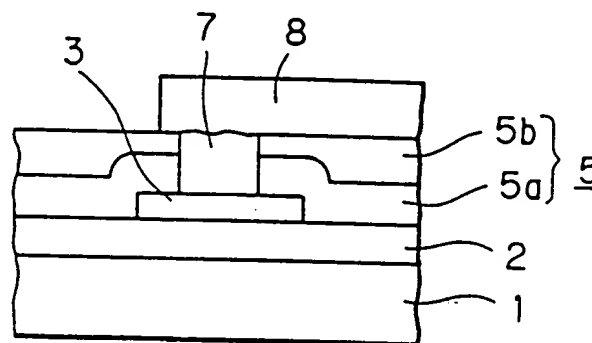


FIG. 7

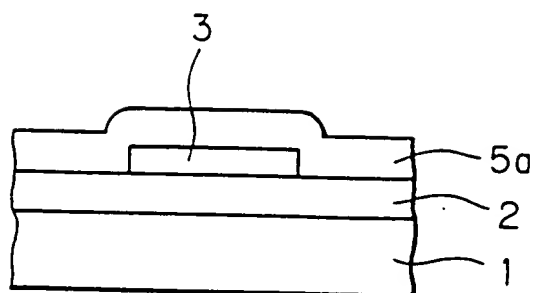


FIG. 8

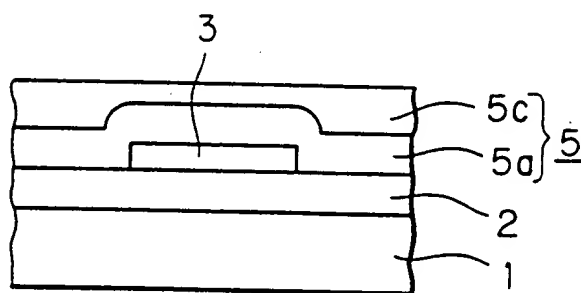


FIG. 9

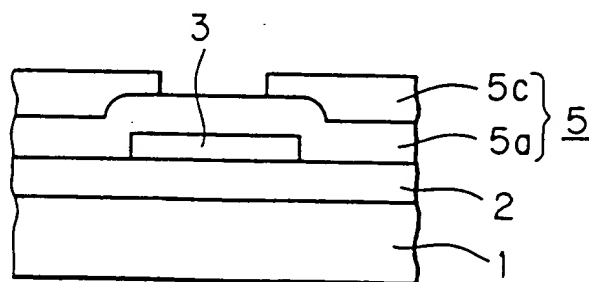




FIG. 12

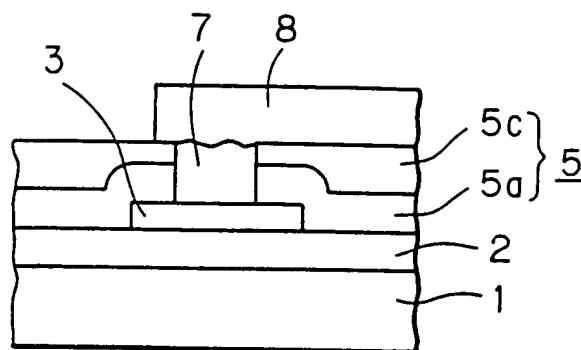


FIG. 13

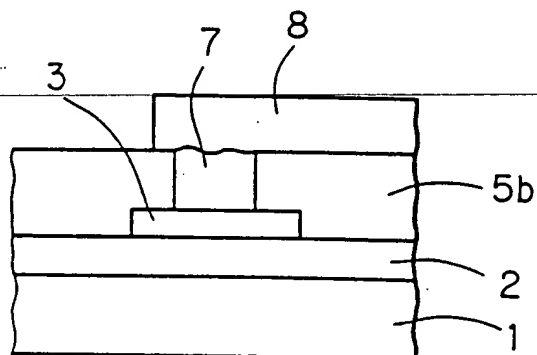


FIG. 14A

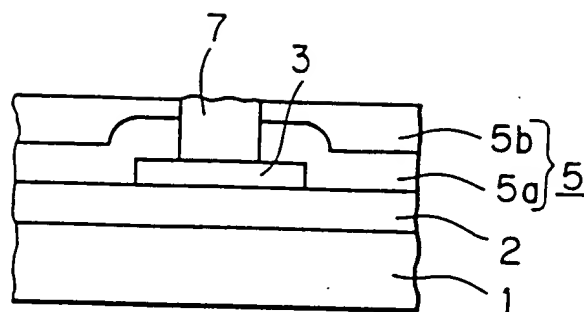


FIG. 14B

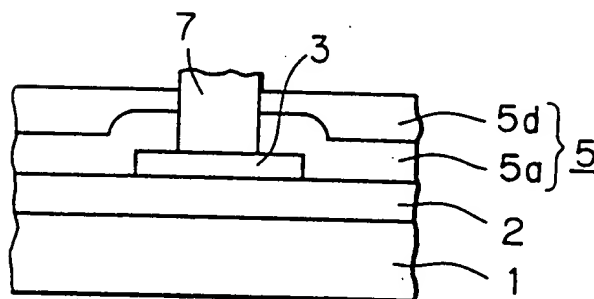


FIG. 14C

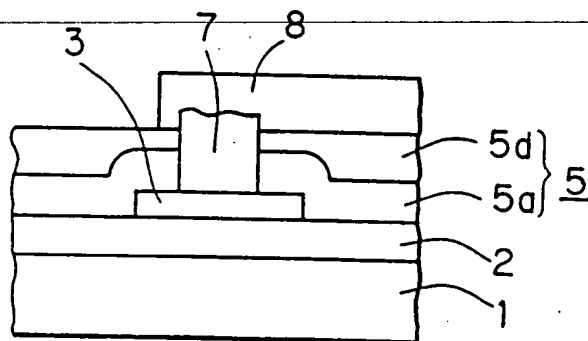


FIG. 15

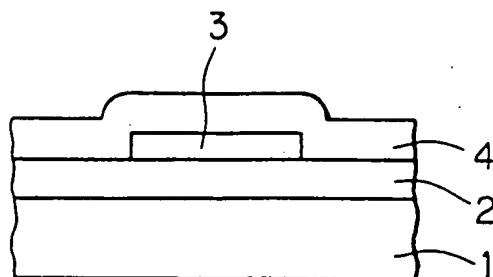


FIG. 16

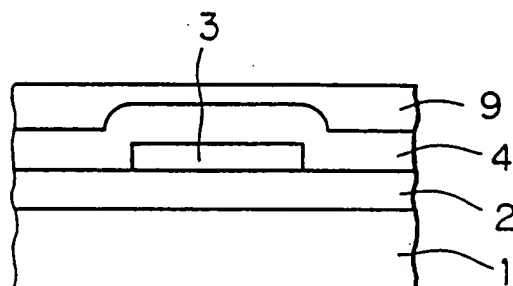


FIG. 17

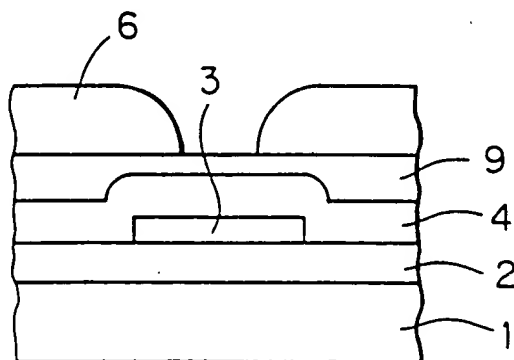


FIG. 18

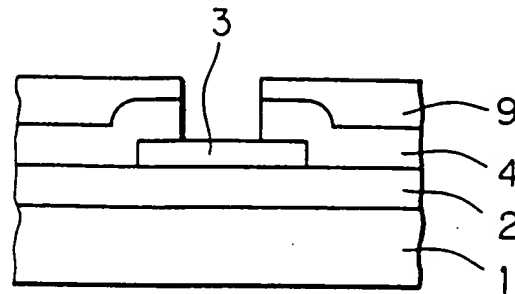


FIG. 19

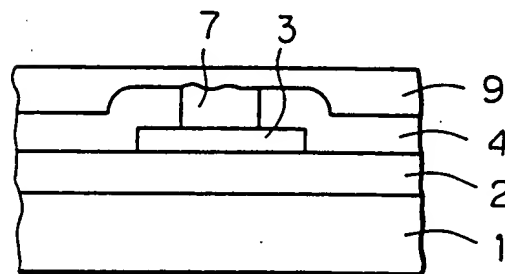


FIG. 20

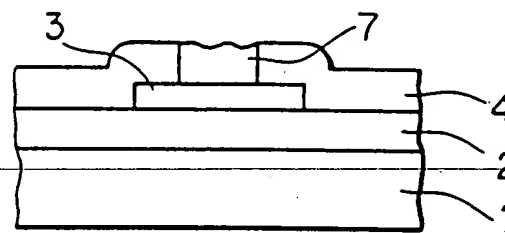


FIG. 21

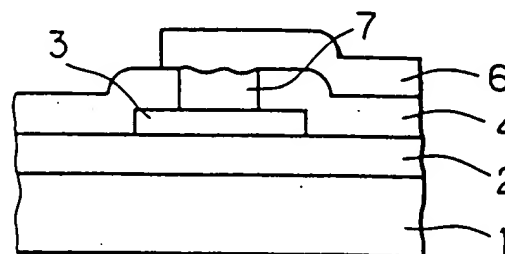


FIG. 22A

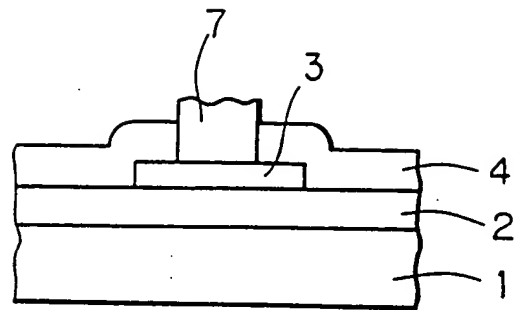


FIG. 22B

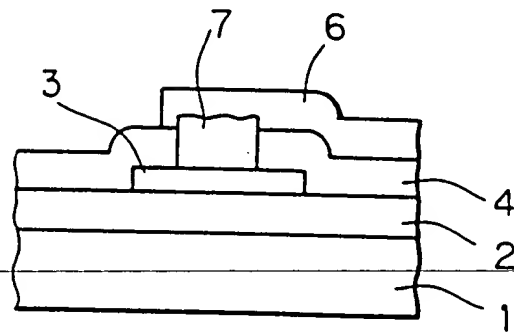




FIG. 23A

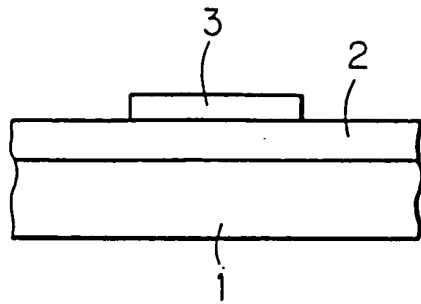


FIG. 23D

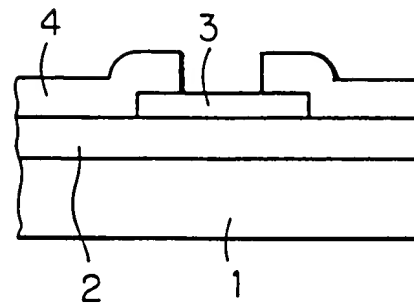


FIG. 23B

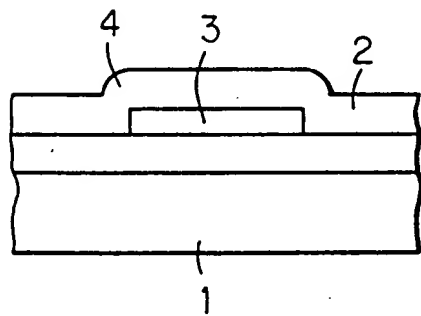


FIG. 23E

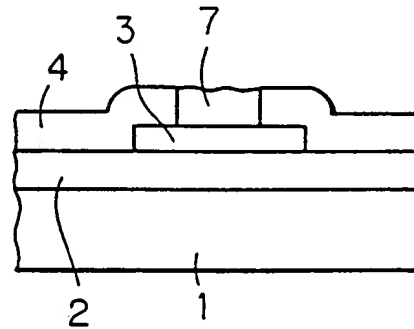


FIG. 23C

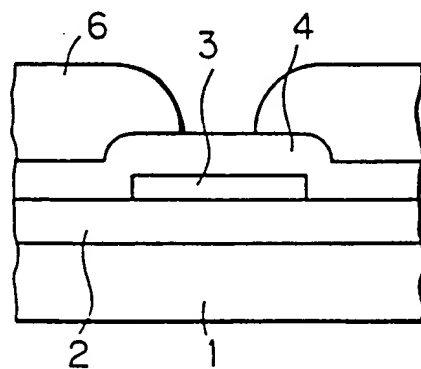
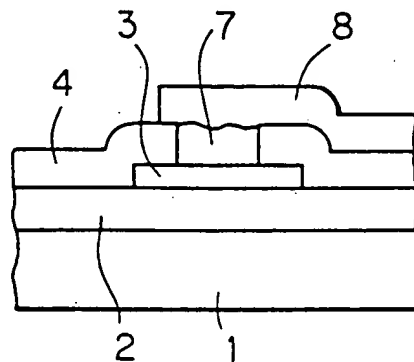


FIG. 23F



DE 004218495 A  
DEC 1992

<p>92-416893/51 A85 L03 MITQ 91.06.06 MITSUBISHI DENKI KK *DE 4218495-A 91.09.25 91JP-245673 (+91JP-163956) (92.12.10) H01L 23/522, C09D 183/04, G03F 7/038, H01L 21/312, 21/316, 21/90 Semiconductor device suitable for LSI - has 2nd metal wiring layer formed on metal film electrically connected to photoresist, selectively coated on 1st metal wiring above insulating layer C92-184908 Addnl. Data: ADACHI H, ADACHI E, MINAMI S, KOTANI H, HAYASHIDE Y, TSUTSUMI T, MATSUURA M, ISHII A 92.06.04 92DE-4218495; 91.07.05 91JP-165631; 91.07.16 91JP-175417 Semiconductor device has a semiconductor substrate (I) with an insulating upper main surface (IA); a first metal wiring layer (II) on (IA); an intermediate insulating film (III), with a photoresist film (IIIA) at least on top, which is coated selectively on (II) and has a defined opening; a metal film (IV) at least in the opening and connected electrically with (II); and a second metal wiring layer (V) formed on (III) and (IV) and connected electrically with (IV). A process for forming the device is also claimed. <b>USE/ADVANTAGE</b> The device is suitable for LSI. A W film with very low electrical resistance can be formed in the contact hole only, since no W is deposited on (III) under suitable CVD</p>	<p>A(6-AE4, 11-B5, 11-C4E, 12-E7C, 12-L2B2, 12-S6C) L(4-C6B, 4-C13) conditions, which saves etching. (V) adheres very well to the silicone ladder polymer film pref. used as (IIIA) and is extremely level. If (III) is a silicone ladder photopolymer, no other (IIIA) is needed, which simplifies prodn. <b>PREFERRED COMPONENTS</b> (IA) is an oxide film. (IV) is produced by CVD. (III) consists of an insulating film, esp. an oxide film, covered with (IIIA); or of (IIIA) only. (IIIA) is a hardened film of a silicone ladder polymer of formula (IIIA-1), esp. a photopolymer:</p> $  \begin{array}{c}  \left[ \begin{array}{c} R_1 \\   \\ R_3O - Si - O - R_5 \\   \\ O \\   \\ R_4O - Si - O - R_6 \\   \\ R_2 \end{array} \right]_n  \end{array}  \quad (IIIA-1);  $ <p>IDE4218495-A+</p>
--	--

© 1992 DERWENT PUBLICATIONS LTD.  
128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England  
US Office: Derwent Inc., 1313 Dolley Madison Boulevard,  
Suite 401 McLean, VA22101, USA  
*Unauthorised copying of this abstract not permitted.*

$R_{1-2}$  = phenyl, lower alkyl or photosensitive gps., pref. at least 3 mole-% being photopolymerisable unsatd. gps.  
 $R_{3-6}$  = H, lower alkyl or photosensitive gps.;  
 $n$  = 5-1000, pref. 20-1000.

#### PRODUCTION

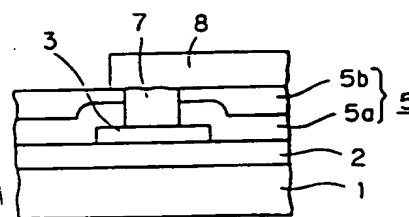
The device is produced by forming the coatings and selective removal of (III) to form an opening. The surface of (IIIA) may be etched to reduce its thickness.

#### EXAMPLE

(I) was coated with Si oxide, (II) and Si oxide by CVD, in the usual way, then spin coated with polyimide photoresist in a thickness of 0.8 micron and baked 30 min at 150°C and 60 min at 350°C. A photoresist film was applied and structured to define the contact hole, then the polyimide was structured with  $N_2H_4$  and the Si oxide film, photoresist and, to some extent, polyimide film were etched in an oxygen plasma.

A W layer was formed by CVD from  $WF_6$  in the contact hole only, since no W was deposited on the polyimide film, and (V) was formed from AlSi alloy by sputtering and photolithography. This gave a stable device with low contact resistance. There was no danger of short circuits between (II) and (V) and the cost was reduced, since no metal, e.g. W needed to be etched away. (24pp016HPDwgNo

6/23)



DE4218495-A

© 1992 DERWENT PUBLICATIONS LTD.  
 128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England  
 US Office: Derwent Inc., 1313 Dolley Madison Boulevard,  
 Suite 401 McLean, VA22101, USA  
 Unauthorised copying of this abstract not permitted.

PTO 98-4759

West German Patent No. 4,218,495 A1  
(Offenlegungsschrift)

SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR THE PRODUCTION OF THIS  
SEMICONDUCTOR DEVICE

Hirohshi Adachi, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C. OCTOBER 1998  
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

Code: PTO 98-4759

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY  
GERMAN PATENT OFFICE  
PATENT NO: 4,218,495 A1

Int. Cl.<sup>5</sup>:

H 01 L 23/522  
H 01 L 21/90  
H 01 L 21/312  
H 01 L 21/316  
G 03 F 7/038  
C 09 D 183/04  
//C 08 J 3/28  
3/24

Application No:

P 42 18 495.9

Filing Date:

June 4, 1992

Laid-Open to Public Inspection:

December 10, 1992

Priority

Date:

June 6, 1991  
July 5, 1991  
July 16, 1991  
September 25, 1991  
Japan

Country:

No.:

3-13956; 3-165631;  
3-175417; 3-245673

SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR THE PRODUCTION  
OF THIS SEMICONDUCTOR DEVICE

[Halbleiter-Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung dieser  
Halbleiter-Vorrichtung]

Inventors: Hiroshi Adachi, et al.  
Applicant: Mitsubishi Denki K.K.

Description

/2\*

The invention under consideration refers to a semiconductor device and refers, in particular, to a semiconductor device with an intermediate layer-insulating film to facilitate the formation of wiring layers via a contact hole and refers to a method for the production of such a semiconductor device.

With the increased integration density and refining of the structures at LSI, the diameter of a contact hole for the intermediate layer connection of wirings was reduced in such a way that the stepwise coating of the wiring was impaired, so that the contact resistance was increased in a disadvantageous manner. Accordingly, such a contact hole is generally filled with a metal.

For example, Figures 23A to 23F show, in schematic sectional views, successive steps of the filling of a contact hole in a semiconductor device with tungsten (W). Taking into consideration these figures, the semiconductor device has a semiconductor substrate 1, equipped with electronic components, on a silicon dioxide film 2 used as an insulating film, a first metal wiring layer 3 made of an Al alloy, such as an AlSi alloy, for example,

---

\* [Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.]

an intermediate layer-insulating film 4, which is formed from a silicon dioxide film; for example, a photoresist film 6, which serves as a mask for the formation of a contact hole; for example, a second metal wiring layer 8 from an Al alloy, such as an AlSi alloy, which is connected with the first metal wiring layer 3 via the contact hole.

A method is described below for the production of such a semiconductor device. As is shown in Figure 23A, the silicon dioxide film 2, which serves as an insulating film, is formed on the semiconductor substrate 1 by CVD, and subsequently, the first metal wiring layer 3 is formed on it from an Al alloy, such as an AlSi alloy, by means of sputtering and photolithography. Active components, such as a transistor, which are to be connected with the first metal wiring layer 3, are omitted for the sake of simplicity.

Subsequently, the silicon dioxide film 4, used as an intermediate layer-insulating film, is formed on the silicon dioxide film 2 and the first metal wiring layer 3 by CVD (Figure 23B). Then, the photoresist film 6 is formed, so that a sector of the silicon dioxide film 4 is exposed for the definition of a contact hole by irradiation and development (Figure 23C). The photoresist film 6 is removed, so that the contact hole is formed (Figure 23D).

Subsequently, the tungsten layer 7 is formed by CVD with a raw material gas, containing a metal fluoride, such as  $WF_6$ , to fill the contact hole (Figure 23E). The CVD conditions are thereby adjusted in a suitable manner so that the tungsten layer 7 is formed merely on the first metal wiring layer 3 and fills the contact hole in a self-adjusting manner. For example, the raw material gas can be composed of  $WF_6$  and  $SiH_4$ , with partial

pressures of a few mTorr, and with a flow rate of  $\text{SiH}_4/\text{WF}_6 < 0.6$ , and below a formation temperature of approximately  $300^\circ\text{C}$ .

Finally, the second metal wiring layer 8 is formed from an AlSi alloy by means of sputtering and photolithography in such a way that it is in contact with the tungsten layer 7. Thus, the first metal wiring layer 3 touches the second metal wiring layer 8 via the metal layer (tungsten layer 7), which is provided in the contact hole and which is formed in the silicon dioxide film 4 (Figure 23F).

In this semiconductor device with such an arrangement, the intermediate layer-insulating film is formed by the silicon dioxide film by means of CVD. It is, in fact, known that the growth rate of a tungsten layer, which is formed to fill the contact hole with CVD, depends on the substrate material. For example, a publication (Nikkei Microdevices February 1991, p. 48) showed that tungsten grows more easily on a substrate material of a metal than in comparison to this, for example, on an insulating material. It is apparently true that the growth of tungsten occurs more easily on a material with a lower electron negativity, which thus provides electrons more easily.

It was also discovered that the growth rate of the tungsten layer 7 varies with the type of silicon dioxide film 4, which is very generally used as an insulating film. A film formed by the thermal oxidation of silicon grows extremely poorly in accordance with the tungsten-CVD, whereas this film grows easily on a plasma-CVD-film. Therefore, although it appears efficacious to produce an intermediate layer-insulating film from a thermal oxidation film of the silicon, the aforementioned intermediate layer-insulating film was generally produced from a silicon oxide



film, which is formed by the aforementioned CVD method, because of the limited thermal stability of the first metal wiring layer.

Furthermore, a method for doping an intermediate layer-insulating film, formed by CVD, with phosphorus was proposed, so that tungsten will not grow on a silicon dioxide film (intermediate layer-insulating film), as was described in a publication (J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology, Vol. 133, No. 6, June 1986). However, resistance to the moisture of the film is reduced when the quantity of the doped phosphorus is increased, so that the reliability of the semiconductor device is impaired.

In the formation of a tungsten layer by CVD in a contact hole of a silicon dioxide film, formed by CVD, the conditions for facilitating formation merely on a first metal wiring layer are limited in such a way that tungsten is unavoidably deposited on the intermediate layer-insulating film also under most conditions. Such a deposition of tungsten disadvantageously causes a short-circuit via the wirings and thus an impairment or destruction of the functioning mode of the semiconductor device. In order to remove such deposited tungsten, it is necessary to carry out large-area back-etching measures with complicated process steps, wherein, however, the tungsten layer that fills the contact hole is also reduced in an undesirable manner. /3

Therefore, the goal of the invention is to make available a semiconductor device, in which a tungsten layer formed by CVD can fill only one contact hole, wherein under no circumstances does a growth appear on an intermediate layer-insulating film, facilitating the selection of the tungsten-CVD conditions with regard to a low electrical resistance, so that no back-etching measures are required, since tungsten is not deposited on the

intermediate layer-insulating film, and to provide a method for the production of such a semiconductor device.

The means of attaining this goal in accordance with the invention is found in the features indicated in Claims 1, 12, and 15.

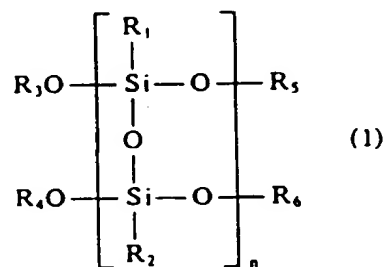
The invention under consideration is based on empirical knowledge of the inventor with experiments to avoid the formation of a growth nucleus made of tungsten on a photoresist film. The fact was taken into consideration that the composition of a plasma-CVD film deviates from a stoichiometric ratio to such an extent that unpaired electrons are made available on the film surface for the facilitation of nucleus growth. Thus, the inventors found a method for using a photoresist film with a composition in the range of a stoichiometric ratio without unpaired electrons present as a masking material and in this way perfected the invention under consideration.

A semiconductor device in accordance with the invention under consideration has the following: a semiconductor substrate with an insulating upper main surface, a first metal wiring layer formed on the upper main surface of the semiconductor substrate, an intermediate layer-insulating film, which selectively covers the first metal wiring layer with an opening, which is defined on the first metal wiring layer and has a photoresist film at least on the uppermost part, a metal layer formed at least in the opening and to be connected electrically with the first metal wiring layer, and a second metal layer formed on the intermediate-insulating film and the metal layer, and to be connected electrically with the metal layer.

In a further specific embodiment of the invention under consideration, the semiconductor device has the following: a

semiconductor substrate with an insulating upper main surface, a first metal wiring layer formed on the upper main surface of the semiconductor, an intermediate layer-insulating film, which selectively covers the first metal wiring layer with an opening, which is defined on the first metal wiring layer, and which essentially consists of a photoresist film; a metal layer which is formed in the opening protrudes below the intermediate layer-insulating film on the first metal wiring layer, and is electrically connected with the first metal wiring layer, and a second metal wiring layer which is formed in the intermediate layer-insulating film and the metal layer and which is to be connected electrically with the metal layer.

The photoresist film is formed on a cured film of a silicone conductor-polymer, which is expressed by the following formula:



wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  represent hydrogen atoms or lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  represents a whole number from 5 to 1000.

Preferably, the silicone conductor-polymer is photopolymeric. A method for the production of a semiconductor device, corresponding to the invention under consideration,

exhibits the following steps: (a) formation of a semiconductor substrate with an insulating upper main surface, (b) formation of a first metal wiring layer on the upper main surface of the semiconductor surface, (c) formation of an intermediate layer-insulating film with a photoresist-film on at least the uppermost part of an arrangement obtained on the basis of steps (a) and (b), (d) selective removal of the intermediate layer-insulating film for the formation of an opening on the first metal wiring layer, (e) formation of a metal layer, which is connected electrically with the first metal wiring layer, at least in the opening, and (f) formation of a second metal wiring layer, which is connected electrically with the metal layer, on the intermediate layer-insulating film and the metal layer.

In accordance with the invention under consideration, at least the uppermost layer of the intermediate layer-insulating film is produced from a photoresist film, wherein the selectivity is considerably improved if a metal layer is selectively formed from tungsten or the like in a contact hole, which is formed in the intermediate layer-insulating film, in comparison to a case of the direct formation of such a metal layer on a silicon dioxide film or a nitride film, which serves as the intermediate layer-insulating film. Thus, the metal layer made of tungsten or the like can actually fill only the contact hole, wherein growth on the intermediate layer-insulating film does not appear under such conditions that the selectivity is lost during the formation of the intermediate layer-insulating film on the basis of a silicon dioxide film or a nitride film. Thus, it is possible to adjust the tungsten-CVD conditions optimally with regard to a low electrical resistance. Moreover, a back-etching measure is not

needed, since metal, such as tungsten, is not deposited on the intermediate layer-insulating film.

It is possible to form a metal wiring layer, which exhibits excellent adhesion on the silicone conductor-polymer film, and extraordinarily good evenness.

Moreover, the photopolymeric silicone conductor-polymer film is used in such a way that a photoresist film is not needed and accordingly, the production steps can be simplified.

The silicone conductor-polymer film represented by the chemical formula (1) described above is used as masking material for the covering of the intermediate layer-insulating film, wherein the tungsten layer formed by CVD can be filled in the contact hole only under arbitrary conditions, wherein growth, in fact, does not appear on the intermediate layer-insulating film. It is thus possible to select the tungsten-CVD conditions with regard to a low electrical resistance. Moreover, a back-etching measure is not needed, since tungsten is not deposited on the intermediate layer-insulating film.

In accordance with the invention under consideration, as is described in more detail below, at least the uppermost layer of the intermediate layer-insulating film, formed between the first and second metal wiring layers, is formed on the semiconductor substrate, wherein the metal layer, formed by CVD, in contact with the first and second metal wiring layers, is filled only in the contact hole, formed in the intermediate layer-insulating film, under arbitrary conditions, wherein, in fact, neither a growth nor a deposition of metal appears on the intermediate layer-insulating film. Thus, a short-circuit is not caused between the wiring layers, and the metal-CVD conditions can be selected with regard to a low electrical resistance, wherein the

obtaining of a semiconductor device with high-quality properties and with a low wiring resistance is facilitated. Moreover, costs can be reduced, since it is not necessary to carry out back-etching measures.

The photoresist film is formed by the cured film of a silicone conductor-polymer with unusually good evenness, wherein the second metal wiring layer formed thereon does not cause any detachment and accordingly the obtaining of an extremely reliable semiconductor device is facilitated.

On the basis of the further development of the photopolymeric silicone conductor-polymer film, a photoresist film is not needed, so that the production steps can be further simplified.

The metal layer found in contact with the first and second metal wiring layers is formed by CVD by filling with metal with metal, which is formed in the intermediate layer-insulating film, wherein the silicone conductor-polymer film serves as a masking material, wherein the metal grows only in the contact hole and, in fact, growth does not appear on the silicone conductor-polymer film. Thus, the production of a semiconductor device with excellent properties and a low wiring resistance is facilitated. Since absolutely no metal grows on a sector outside the contact hole, it is not necessary to carry out back-etching measures for the removal of such metal residues, wherein the costs can be further reduced.

Advantageous refinements of the invention can be deduced from the subclaims.

Other details, aspects, and advantages of the invention under consideration can be deduced from the following description, with reference to the drawings.

The figures show the following:

Figure 1, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of a semiconductor device, in accordance with a first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 2, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 3, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 4, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 5, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 6, a schematic sectional view of a step of an exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 7, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 8, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 9, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 10, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 11, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 12, a schematic sectional view of a step of a second exemplary method for the production of the semiconductor device, in accordance with the first exemplified embodiment of the invention under consideration;

/5

Figure 13, a schematic sectional view of a semiconductor device, in accordance with a second exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 14A to 14C, schematic sectional views of successive steps of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with a third exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 15, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with



a first exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 16, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 17, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 18, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 19, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 20, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figure 21, a schematic sectional view of a step of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration;

Figures 22A and 22B, schematic sectional views of successive steps of a method for the production of a semiconductor device, in accordance with another exemplified embodiment of the invention under consideration; and

Figures 23A to 23F, schematic sectional view of steps for the production of a semiconductor device.

#### Example 1

Figures 1 to 6 show, in schematic sectional views, process steps of an exemplary method for the production of a

semiconductor device in accordance with a first exemplified embodiment of the invention under consideration. With reference to these figures, the semiconductor device has elements 1 to 3 and 6 to 8, which are similar to those of the semiconductor device which is, in fact, known. An intermediate layer-insulating film 5 is formed between two layers of a silicon dioxide film 5a and a polyimide film (photoresist film) 5b, wherein the latter is formed on the silicon dioxide film 5a.

The method for the production of this semiconductor device is described. Similar to the semiconductor device which is, in fact, known, a silicon dioxide film 2 is formed on a semiconductor substrate 1 and a first metal wiring layer 3, on the silicon dioxide film 2. Subsequently, the silicon dioxide film 5a is formed on the silicon dioxide film 2 and the first metal wiring layer by CVD and the like (Figure 1).

Subsequently, a generally obtainable polyimide photoresist (PIQ from Hitachi Chemical Co., Ltd.) for electronic components was applied as a highly heat-resistant polymer in the centrifugal method, with a thickness of 0.8  $\mu\text{m}$ , on the silicon dioxide film 5a and heat-treated at 150°C for 30 min and at 350°C for 60 min for the formation of the polyimide-photoresist film 5b (Figure 2). Then, a photoresist film 6 was applied in a manner which is, in fact, known and structured for the definition of a contact hole (Figure 3). For the formation of a predetermined structuring in the polyimide-photoresist film 5b, hydrazine was used. Subsequently, the silicon dioxide film 5a was etched in a manner which is, in fact, known, and the photoresist film 6 was removed by means of an oxygen plasma (Figure 4). Since the polyimide photoresist (PIQ) was also etched to a certain degree, the original film thickness of the polyimide photoresist film 5b

became larger [than] before. Subsequently, a tungsten layer 7 was formed by CVD, using a raw material gas with  $WF_6$ , in a manner which is, in fact, known. The tungsten layer 7 was formed only on the first metal wiring layer 3 under arbitrary CVD conditions, wherein, in fact, tungsten growth did not appear on the polyimide film 5b (Figure 5). Moreover, a second metal wiring layer 8 was formed from an AlSi alloy by means of sputtering and photolithography in a manner which is, in fact, known, in such a way that the layer 8 is in contact with the tungsten layer 7 (Figure 6).

In the semiconductor device according to this exemplified embodiment, the uppermost layer of the intermediate layer-insulating film 5 is formed by the polyimide film 5b so that tungsten does not grow on the intermediate layer-insulating film--that is, the polyimide film 5b--under arbitrary CVD conditions to fill the contact hole with tungsten, so that the tungsten layer 7 can be formed only in the contact hole. In connection with the selection of the CVD conditions for the formation of the tungsten layer 7, accordingly, the number of degrees of freedom is improved in such a way that the tungsten-CVD conditions can be selected with respect to a low electrical resistance, so that, for example, the obtaining of a stable semiconductor device with a low contact resistance is facilitated. Moreover, metal, such as tungsten, is not deposited on the intermediate layer-insulating film 5, so that there is no danger of a short-circuit between the metal wiring layers 3 and 8. Moreover, the costs can be reduced, since the back-etching step for deposited metal, such as tungsten, can be omitted.

### Example 2

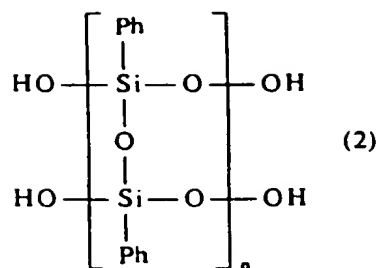
Instead of the polyimide photoresist, a fluorocarbon photoresist (Cytop(TM) from Asahi Glass Co., Ltd.) was used for the formation of a fluorocarbon photoresist film 5b with a thickness of 0.6  $\mu\text{m}$  as a top layer on an intermediate-insulating film. Similar to exemplified embodiment 1, a tungsten layer was formed, except that this photoresist film 5b was etched with  $\text{CF}_4$ . The tungsten layer was formed only on a first metal wiring layer 3 under arbitrary conditions, wherein, in fact, tungsten growth did not appear on the photoresist film 5b either. /6

### Example 3

Instead of the polyimide photoresist, a cyclobutene photoresist (BCB from the Dow Chemical Co., Ltd.) was used for the formation of a cyclobutene photoresist film 5b with a thickness of 0.6  $\mu\text{m}$  as the upper layer on an intermediate layer-insulating film. Similar to exemplified embodiment 1, a tungsten layer was formed, except that the aforementioned photoresist film 5b was etched with  $\text{O}_2/\text{SF}_6$ . The tungsten layer was also formed only on a first metal wiring layer 3 under arbitrary conditions, wherein tungsten growth did not appear on the cyclobutene photoresist 5b.

### Example 4

Below, a fourth example is explained, which was produced by using a cured film made of a silicone conductor polymer, which is expressed by the following equation (2), instead of the polyimide photoresist, as an upper layer of an intermediate layer-insulating film:



wherein Ph represents a phenyl group and n represents a whole number from 20 to 1000.

Similarly to exemplified embodiment 1, a silicon dioxide film 5a was formed (Figure 1). Subsequently, an anisole solution (established in the concentration of 5 wt%) of the silicone conductor polymer, expressed by the previous chemical formula (2), with an average molecular weight of 100,000, for the formation of a silicone-polymer film of the thickness of 0.2  $\mu\text{m}$  on the silicon dioxide film 5a was carried out by the centrifugal method. Then a heat treatment at 150°C for 30 min and at 350°C for 60 min completely heat-cured of the silicone conductor polymer film 5b (Figure 2). The silicone conductor polymer, expressed in the chemical formula (2), with hydroxyl groups at its ends was produced by a method which is disclosed in Japanese Patent Publication Gazette No. 1-92, 224 (1989).

Subsequently, a photoresist film 6 for the definition of a contact hole was structured in a similar manner as with exemplified embodiment 1 (Figure 3), and a silicon dioxide film 5a was plasma-etched in a manner which is, in fact, known, with a gas mixture, consisting, for example, of  $\text{CHF}_3$  and oxygen, for the formation of the contact hole. It was possible thereby to form the contact hole at the same time via an intermediate

layer-insulating film 5, which is formed by the two layers of the silicon dioxide film 5a and the silicon conductor-polymer film 5b, via a single etching process (Figure 4).

Subsequently, a tungsten layer 7 filled the contact hole by means of CVD, using a raw material gas with  $WF_6$  in a similar way as in exemplified embodiment 1. The tungsten layer 7 was formed only on a first metal wiring layer 3 under arbitrary CVD conditions, wherein, in fact, there was no tungsten growth on the silicone conductor-polymer film 5b (Figure 5).

Then, a second metal wiring layer 8 was formed from an AlSi alloy by sputtering and photolithography in such a way that the layer was in contact with the tungsten layer 7 (Figure 6)

In accordance with this example, the silicone conductor-polymer 5b is used in such a way that the contact hole is formed at the same time via the silicon dioxide film 5a and the silicone conductor-polymer film 5b in a single etching process as an additional advantage to the effect in accordance with Example 1, so that the production steps can be further reduced in number and simplified. Moreover, such a silicone conductor-polymer film 5b exhibits excellent properties with regard to heat resistance at approximately 50°C, and moreover, excellent properties with regard to insolubility in comparison to, for example, a polyimide photoresist film. In addition, the silicone conductor-polymer film exhibits a dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) with a dielectric loss ratio which is smaller by an order of magnitude than that of the polyimide photoresist film, for example, and also a low internal voltage tendency, which is about half as large as with the polyimide photoresist film. Consequently, the semiconductor device, in accordance with Example 4, is improved with regard to reliability in comparison to Example 1. The

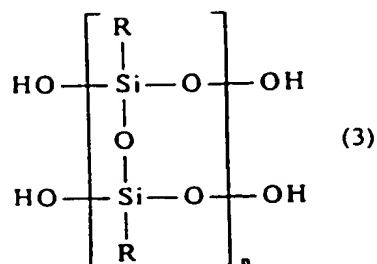
dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) represents a ratio of a leakage current component  $I_2$  to a displacement current  $I_1$  ( $= I - I_2$ ) of an alternating current  $I$ , which flows after the application of a voltage  $E$ . Moreover, the silicone conductor-polymer film 5b is so excellent in evenness that it is possible to form a second metal wiring layer 8, which easily tends to detachment, on the silicone conductor-polymer film 5b. In addition, the silicone-polymer film 5b can be formed under substantially milder, low-temperature conditions, in comparison to a thermal oxidation film from silicon, in order to take into account the limited heat resistance of the first wiring layer 3, which forms the lower layer.

/7

#### Example 5

Figures 7 to 12 show, in schematic sectional views, successive steps for the production of a semiconductor device, using a cured film of a photopolymeric silicone conductor polymer, such as a photoresist film 5c, which is formed on an upper layer of an intermediate layer-insulating film 5. As is shown in Figure 7, a silicon dioxide film 5a was formed on a semiconductor substrate 1 and a silicon dioxide film 2 in a manner which is, in fact, known. Then, an anisole solution (with a concentration of 10.0 wt% and containing approximately 3 wt% of a bis-azide component as a sensitizer) on a silicone conductor-polymer, which is expressed by the following chemical formula (3) and has an average molecular weight of 100,000, for the formation of the photopolymeric silicone-conductor-polymer film 5c with a thickness of 1.0  $\mu\text{m}$ , by the centrifugal method is subsequently subjected to a heat treatment at 150°C for 30 min (Figure 8). Irradiation was then carried out via a mask with

predetermined structuring, and the silicone conductor-polymer was removed from an unexposed sector with organic solvent (Figure 9). The heat treatment at 350°C was carried out.



wherein R represents a phenyl group or a vinyl group with 37.5 mol%; n represents a whole number, so that a weight-averaged molecular weight of 100,000 is attained.

Subsequently, a contact hole was formed in the silicon dioxide film 5a in a manner which is, in fact, known, by plasma etching with a mixed gas, for example, consisting of CHF<sub>3</sub> and oxygen, via a mask of the silicone conductor-polymer film 5c (Figure 10). Although the silicone conductor-polymer film 5c was also etched hereby, this presented no problem since the etching rate was smaller than 1/3 the etching rate for the silicon dioxide film 5a.

Subsequently, a tungsten layer 7 was formed by means of CVD, using a raw material gas with WF<sub>6</sub> in a manner similar to that of the previously described example. The tungsten layer 7 was thereby formed only on a first metal wiring layer, under arbitrary CVD conditions, wherein, in fact, tungsten growth did not take place on the silicone conductor-polymer film 5c (Figure 11). Moreover, a second metal wiring layer 8 was formed as a



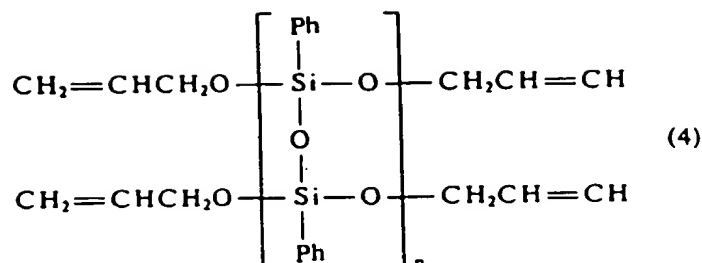
connection with the first metal wiring layer 3 via the contact hole (Figure 12).

In accordance with this example and in contrast to the previously described exemplified embodiment, photoresist film 6 was not needed; thus, production steps can be further reduced in number and simplified.

The photopolymeric silicone conductor-polymer with hydroxyl groups is synthesized as follows: for example, 52.9 g phenyl trichlorosilane and 24.2 g vinyltrichlorosilane in methyl isobutyl ketone are hydrolyzed. Then the acid thus formed is removed for the neutralization by washing out, and subsequently, 0.25 g potassium hydroxide is used as a catalyst to carry out a dehydration/condensation reaction under a rectification for 20 h. The reagent thus obtained is purified by a fusion/reprecipitation method.

#### Example 6

A tungsten layer 7 was formed by means of CVD, using a raw material gas with  $WF_6$  in a manner similar to the one in Example 5, with the exception that a photopolymeric silicone conductor-polymer was produced from chemical formula (4) below, which has photosensitive groups on its ends (and which has a concentration of 20.0 wt% and contains approximately 3% of a bisazide composition as a sensitizer). The tungsten layer 7 was formed only on a first metal wiring layer 3 under arbitrary conditions, wherein, in fact, tungsten growth did not appear on silicone conductor-polymer film 5c.



wherein Ph represents a phenyl group and n designates a whole number to attain a weight-averaged molecular weight of approximately 3000.

The photopolymeric silicone conductor-polymer used in this specific embodiment was synthesized by a method which is disclosed, for example, in Japanese Patent Publication Gazette No. 2-15,864 (1990).

#### Example 7

Figure 13 shows a schematic sectional view of a semiconductor device, in accordance with a second exemplified embodiment of the invention under consideration. Whereas the intermediate layer-insulating film 5 is formed by the two layers of the silicon dioxide film 5a and the photoresist film 5b or 5c, as, for example, in the form of a silicone conductor-polymer film, in the individual examples of the first exemplified embodiment, now an intermediate layer-insulating film 5 is formed by only one photoresist film 5b or 5c, as, for example, a silicone conductor-polymer film, in accordance with the second exemplified embodiment.

An example of the method in accordance with the second exemplified embodiment of the invention under consideration is described with reference to a silicone conductor-polymer film. A first metal wiring layer 3 was formed in a manner similar to that in each example of the first exemplified embodiment. Then, the silicone conductor-polymer solution (established in a concentration of 15 wt%), which is expressed by above chemical equation (2), was deposited by the centrifugal method on the first metal wiring layer 3 for the formation of a film with a thickness of 1  $\mu\text{m}$ , and subsequently, heat treatment was carried out in a manner similar to that in Example 4 for the formation of a silicone conductor-polymer film 5b.

Subsequently, a contact hole was formed in a manner similar to that in each of the preceding examples, and a tungsten layer 7 filled the contact hole by CVD, using a raw material containing  $\text{WF}_6$ . The tungsten layer 7 was thereby formed only on the first metal wiring layer 3, under arbitrary CVD conditions, in a manner similar to that in the preceding examples, wherein, in fact, tungsten growth did not appear on the silicone conductor-polymer film 5b. Moreover, a second metal wiring layer 8 was formed in connection with the first metal wiring layer 3 via the contact hole (tungsten layer 7). In the second exemplified embodiment, effects similar to those in the first exemplified embodiment were attained.

#### Example 8

The photopolymeric silicone conductor-polymer solution (established in concentration at 15 wt% and containing approximately 3% of a bisazide composition as a sensitizer), which is expressed by chemical formula (3), was applied by the

centrifugal method on a first metal wiring layer 3 in a manner similar to that in Example 5, for the formation of a photopolymeric silicone conductor-polymer film 5c as an individual intermediate layer-insulating film. Subsequently, a predetermined structuring was formed, in a manner similar to that in Example 5, in the silicone conductor-polymer film 5c. Subsequently, a tungsten layer 7 filled a contact hole by means of CVD, using a raw material gas containing  $WF_6$ . The tungsten layer 7 was formed only on the first metal wiring layer 3, under arbitrary CVD conditions, in a manner similar to that in the examples previously described, wherein absolutely no tungsten growth appeared on the silicone conductor-polymer film 5c. Moreover, a second metal wiring layer 8 was formed and connected with the first metal wiring layer 3 via the contact hole (tungsten layer 7).

#### Example 9

Figures 14A to 14C show, in schematic sectional views, successive steps of the method for producing a semiconductor device, in accordance with a third exemplified embodiment of the invention under consideration.

A silicone conductor-polymer film 5d is formed by etching the surface of a film 5b in such a way that the tungsten layer 7 protrudes.

An example of the method, in accordance with the third exemplified embodiment of the invention under consideration, is described below. A tungsten layer 7 filled a contact hole in a manner similar to that of the first exemplified embodiment (Figure 14A). Subsequently, the surface of the silicone

conductor-polymer film 5b was etched under etching conditions similar to those in the formation of the contact hole; for example, for the reduction of the thickness of the silicone conductor-polymer film 5b (silicone conductor-polymer film 5d). Thus, the tungsten layer 7 protrudes above the silicone conductor-polymer film 5d (Figure 14B). Subsequently, a second metal wiring layer 8 was formed by means of sputtering and photolithography (Figure 14C).

In accordance with the third exemplified embodiment, effects similar to those in the first or second exemplified embodiments were attained, whereas the tungsten layer 7 can be completely connected with the second metal wiring layer 8, since the former is inserted in the latter, wherein the contact surface is increased to reduce the resistance. Thus, it is possible to obtain a semiconductor device with wiring layers further improved in reliability.

#### Example 10

Figures 15 to 21 show, in schematic sectional views, successive steps of a method for producing of a semiconductor device, in accordance with an exemplified embodiment of the invention under consideration. With reference to these figures, identical reference numbers designate the same elements. Reference number 9 designates a silicone conductor-polymer film of a masking material.

A silicon dioxide film 4 was formed in a known manner (Figure 15). Subsequently, an anisole solution (established in concentration at 5 wt%) of a silicone conductor-polymer, which is represented by previously designated chemical formula (2) and has a weight-averaged molecular weight of 100,000, is deposited by

the centrifugal method to form silicone conductor-polymer film 9 with a thickness of  $0.2\text{ }\mu\text{m}$  and thereupon, subjected to heat treatment at  $150^{\circ}\text{C}$  for 30 min and at  $350^{\circ}\text{C}$  for 60 minutes for heat curing (Figure 16).

Subsequently, photoresist film 6 was structured for the definition of a contact hole in a manner which is, in fact, known (Figure 17) and removed in a manner which is also, in fact, known. The silicon dioxide film 4 was etched by plasma etching with a gas mixture, for example, consisting of  $\text{CHF}_3$  and oxygen, for the formation of the contact hole. It was possible thereby to process or to structure, simultaneously, insulating film 4 and silicone conductor-polymer film 9 via a single etching process.

Subsequently, a tungsten layer 7 was formed flush with the silicon dioxide film 4, in a manner which is, in fact, known, by means of CVD, using a raw material gas with, for example,  $\text{WF}_6$ . The tungsten layer 7 was formed only on a first metal wiring layer, under arbitrary CVD conditions, wherein absolutely no tungsten growth appeared on the silicone conductor-polymer film (Figure 19).

Subsequently, the silicon dioxide film 4 was etched in a manner which is, in fact, known, by plasma etching with a gas mixture, consisting of  $\text{CHF}_3$  and oxygen, for example, in order to remove the silicone conductor-polymer film 9 (Figure 20).

Then, a second metal wiring layer 8 made of an AlSi alloy was prepared by means of sputtering and photolithography, in contact with tungsten layer 7, in a manner which is also, in fact, known (Figure 21).

Furthermore, in the method according to this exemplified embodiment, the silicone conductor-polymer film 9 was used as a mask material to cover silicon dioxide film 4, wherein tungsten

layer 7 can fill only the contact hole, under arbitrary conditions, so as to facilitate selection of the tungsten CVD conditions with regard to low electrical resistance. Furthermore, no back-etching measures were needed, since tungsten was not deposited on the intermediate layer-insulating film, similarly to the aforementioned examples.

#### Example 11

With reference to Figures 22A and 22B, another example of the method in accordance with the invention is explained. A silicone conductor-polymer film 9 was formed on a silicon dioxide film 4, and a contact hole was formed in a manner similar to that in Example 10. Although tungsten layer 7 was formed flush with a silicon dioxide film 4, in accordance with Example 10, a tungsten layer 7 was formed flush with silicone conductor-polymer film 9 according to Example 11. Tungsten layer 7 was formed only on a first metal wiring layer 3 under arbitrary CVD conditions, wherein absolutely no tungsten growth appeared on silicone conductor-polymer film 9.

Similarly to Example 10, the silicone conductor-polymer film 9 was removed according to Figure 22A, and a second metal wiring layer 8 was formed according to Figure 22B, which was in contact with the first metal wiring layer 3 via the contact hole (tungsten layer 7).

In accordance with this example, tungsten layer 7 is formed in such a manner that it protrudes over the intermediate layer-insulating film 4, wherein the layer can be brought into contact with the second metal wiring layer in an even more reliable manner, so that in addition to the aforementioned effects of Example 10, another advantage is produced.

### Example 12

With reference to Figures 15 to 21, an Example 12, in accordance with the invention under consideration, is explained. A silicon dioxide film 4 was formed in accordance with Figure 15, in a manner similar to the previously described examples.

Subsequently, an anisole solution (established in concentration at 5 wt%) of the silicone conductor polymer, expressed by aforementioned chemical formula (3), was deposited with a weight-averaged molecular weight of 100,000 by the centrifugal method, for the formation of a silicone conductor-polymer film, with a thickness of 0.2  $\mu\text{m}$ , as a mask material. Subsequently, this film was dried at 150°C for 30 min (Figure 16).

/10

Subsequently, a photoresist film 6 was structured for the definition of a contact hole (Figure 17) in a manner similar to that in Example 10 and it was subsequently removed. Silicon dioxide film 4 was etched by plasma etching with a gas mixture of, for example,  $\text{CHF}_3$  and oxygen for the formation of the contact hole. It was thereby possible to process or to structure insulating film 4 and silicone conductor-polymer film 9 by a single etching process (Figure 18).

Subsequently, tungsten layer 7 was formed flush with the insulating film by means of CVD, using a raw material gas, containing  $\text{WF}_6$ . The tungsten layer 7 was formed only on a first metal wiring layer 3, under arbitrary CVD conditions, wherein absolutely no tungsten growth appeared on silicone conductor-polymer film 9 (Figure 19).



Subsequently, silicone conductor-polymer film 9 was removed by wet-etching with an anisole, for example, in a manner which is, in fact, known (Figure 20).

Moreover, a second metal wiring layer 8 made of an AlSi alloy was formed by means of sputtering and photolithography in contact with tungsten layer 7 in a manner similar to the type which is, in fact, known (Figure 21).

In accordance with this example, an uncured film is used as silicone conductor-polymer film 9, applied by the centrifugal method, whereby silicone conductor-polymer film 9 can be removed easily by wet-etching, so that in addition to the effects of Example 10, there is another advantage.

#### Example 13

With reference to Figures 15 to 21, an Example 13 of the invention under consideration will now be explained. A silicon dioxide film 4 was formed in accordance with Figure 15 in a manner which is absolutely similar to that in exemplified embodiment 10.

Subsequently, an anisole solution (established in concentration at 5 wt%) of the silicone conductor polymer, expressed by chemical formula (1) described above, with photosensitive groups at its ends, with a weight-averaged molecular weight of 100,000, is deposited by a centrifugal method, to form a photopolymeric silicone conductor-polymer film 9, with a thickness of 0.2  $\mu\text{m}$ , as a mask material and subsequently dried at 150°C for 30 min (Figure 18).

Subsequently, silicone conductor-polymer film 9 was structured for the definition of a contact hole, and silicon dioxide film 4 was etched by plasma etching with a gas mixture

of, for example,  $\text{CHF}_3$  and oxygen, in a manner similar to that in Example 10 for the formation of the contact hole (Figure 18).

Then, tungsten layer 7 was formed in a similar manner as is, in fact, known, by means of CVD, using a raw material gas, containing  $\text{WF}_6$ , for example, in such a way that silicon dioxide film 4 is flush with it. Tungsten layer 7 was formed only on first metal wiring layer 3, under arbitrary CVD conditions, wherein absolutely no tungsten growth appeared on the silicone conductor-polymer film 8 (Figure 19).

Subsequently, silicone conductor-polymer film 9 was removed, in accordance with Figure 20, in a manner similar to that in Example 10, and a second metal wiring layer 8 was formed in contact with tungsten layer 7 (Figure 21).

In accordance with this example, a photopolymeric silicone conductor-polymer film was used, wherein a photoresist film is not needed, and the production steps can thus be reduced in number, in addition to the advantageous effects according to Example 10.

#### Comparison Example 1

Whereas silicone conductor-polymer film 9 is formed as the uppermost layer of the intermediate layer-insulating film 4 as a mask material, in accordance with the invention under consideration, a film of an organic substance, such as a photoresist material, is described in the comparison example as the uppermost layer of an intermediate layer-insulating film 4, so as to explain the disadvantages hereby formed, in comparison to the previous examples. First, the heat resistance of the film used in this comparison example is extraordinarily impaired in comparison to the use of the polymer, in accordance with the

invention under consideration. Accordingly, a marked disadvantage is produced, in particular, if a contact hole is formed. A serious problem arises if a metal layer 7 is formed, by means of CVD, for the connection of the first and second metal wiring layers 3 and 8. Since the contact hole is filled by CVD at a temperature of approximately 300°C, the less heat-resistant organic substance, such as the photoresist material, is evaporated or decomposed as a result of the heat, whereby the chamber of the CVD apparatus or the semiconductor devices themselves can be contaminated.

The photoresist film, in accordance with the invention under consideration, can be produced from any photoresist, such as a silicone conductor-polymer, polyimide photoresist, fluoro-photoresist, cyclobutene photoresist, or the like, as long as the photoresist film has a low-contamination ion concentration and a high purity and is heat-resistant with respect to the temperatures of the heat treatments arising during the production method.

Although the silicone conductor-polymer film is produced on the basis of the silicone conductor-polymer, expressed by previously described chemical formula (1) in each of the preceding examples, at least one of the silicone conductor-polymers, such as polyphenylsilsesquioxan, polyphenylmethyilsilsesquioxan, polyvinylsilsesquioxan, polyarylsilsesquioxan, and the like, can be used, for example.

Whereas the photopolymeric silicone conductor-polymer was produced on the basis of chemical formulas (3) or (4) in each of the preceding examples, at least one of those which are expressed by chemical formula (1) above, such as polyphenyl vinyl silsesquioxan, polymethyl vinyl silsesquioxan, polyisobutyl vinyl

silsesquioxan, polyphenylarylsilsesquioxan, polymethylarylsilsesquioxan, polyisobutylarylsilsesquioxan, and the like, can be used. However, the silicone conductor-polymer cannot be absolutely limited to those described in the preceding, but rather can also be produced from any other photosensitive polymers.

The polyimide photoresist is produced from a generally obtainable photoresist, such as PIX or PIQ from the Hitachi Chemical Co., Ltd.

The fluorocarbon photoresist is produced from a generally obtainable photoresist, such as Cytop (TM) from the Asahi Glass Co., Ltd.

The cyclobutene photoresist is produced from a generally obtainable photoresist, such as BCB from the Dow Chemical Co., Ltd.

Although metal layer 7 is produced from tungsten to fill the contact hole in each of the examples described in the preceding, the material for this layer is not limited to tungsten, but alternately, another metal, such as molybdenum, titanium, iridium, vanadium, chromium, or osmium or an alloy or a silicide thereof, can be used.

Although each of the previously described examples has two wiring layers, the invention under consideration can, of course, also be used for three or more wiring layers.

#### Patent claims

1. Semiconductor device, which has:  
a semiconductor substrate with an insulating upper main surface;  
a first metal wiring layer, formed on the upper main surface;

an intermediate layer-insulating film, which selectively covers the first metal wiring layer with an opening defined on the first metal wiring layer, wherein the intermediate-insulating film has a photoresist film, at least on its uppermost part; a metal layer, which is formed at least in the opening and is electrically connected with the first metal wiring layer; and a second metal wiring layer, which is formed on the intermediate layer-insulating film and the metal layer and is electrically connected with the metal layer.

2. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the semiconductor substrate has an insulating film on its upper main surface.

3. Semiconductor device according to Claim 2, characterized in that the insulating film essentially consists of an oxide film.

4. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the metal layer is formed by means of CVD (chemical vapor deposition).

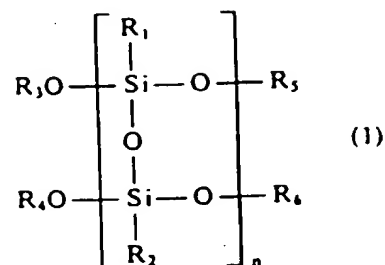
5. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the intermediate layer-insulating film has: an insulating film, and wherein the photoresist film is formed on the insulating film.

6. Semiconductor device according to Claim 5, characterized in that the insulating film essentially consists of an oxide film.

7. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the intermediate layer-insulating film essentially consists of the photoresist film.

8. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the photoresist film essentially consists of a cured film

on a silicone conductor-polymer, which is expressed by the following formula:



wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  represent hydrogen atoms or lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  represents a whole number between 20 and 1000.

/12

9. Semiconductor device according to Claim 8, characterized in that the silicone conductor-polymer is photopolymeric.

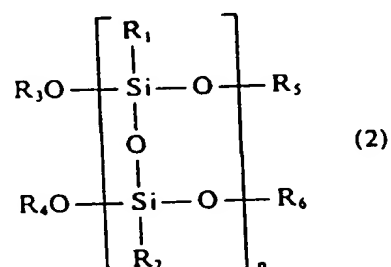
10. Semiconductor device according to Claim 9, characterized in that the groups represented by  $R_1$  and  $R_2$  in formula (1) represent photopolymeric, unsaturated groups, which have at least 3 mol% photopolymeric groups.

11. Semiconductor device according to Claim 1, characterized in that the metal layer in the opening protrudes over the upper surface of the intermediate layer-insulating film.

12. Semiconductor device, which has:  
a semiconductor substrate with an insulating upper main surface;  
a first metal wiring layer formed on the upper main surface;  
an intermediate layer-insulating film, which selectively covers the first metal wiring layer with an opening defined on the first metal wiring layer, wherein the intermediate layer-insulating film essentially consists of a photoresist film;

a metal layer which is formed in the opening and protrudes over the intermediate layer-insulating film on the first metal wiring layer, wherein the metal layer is electrically connected with the first metal wiring layer; and  
 a second metal wiring layer, which is formed on the intermediate layer-insulating film with the metal layer and is electrically connected with the metal layer.

13. Semiconductor device according to Claim 12, characterized in that the photoresist film essentially consists of a cured film made of a silicone conductor-polymer, expressed by the following formula:



wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  represent hydrogen atoms or lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  represents a whole number between 20 and 1000.

14. Semiconductor device according to Claim 13, characterized in that the silicone conductor-polymer is photopolymeric.

15. Method for the production of a semiconductor device with the following steps:

a) formation of a semiconductor substrate with an insulating, upper main surface;

- b) formation of a first metal wiring layer on the upper main surface;
- c) formation of an intermediate layer-insulating film with a photoresist film on at least its uppermost part on a structure, which is obtained by steps (a) and (b);
- d) selective removal of the intermediate layer-insulating film for the formation of an opening on the first metal wiring layer;
- e) formation of a metal layer at least in the opening, wherein the metal layer is electrically connected with the first metal wiring layer; and
- f) formation of a second metal wiring layer on the intermediate layer-insulating film and the metal layer, and which is electrically connected with the metal layer.

16. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 15, characterized in that step (a) has the following step:

- a-1) formation of an oxide film on the upper main surface of the semiconductor substrate.

17. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 15, characterized in that step (e) has the following step:

- e-1) formation of the metal layer by CVD (chemical vapor deposition).

18. Method for the formation of a semiconductor device according to Claim 17, characterized in that step (c) has the following steps:

- c-1) formation of an oxide film on a structure which is obtained by steps (a) and (b); and
- c-2) formation of the photoresist film on the oxide film.



19. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 18, characterized in that step (e), moreover, has the following step:

e-3) etching of the upper surface of the photoresist film for the reduction of its thickness.

20. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 17, characterized in that step (c) has the following step:

c-3) formation of the photoresist film on a structure which is obtained by steps (a) and (b).

21. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 20, characterized in that step (e) has the following step:

e-3) formation of the metal layer in such a way that it protrudes over the upper surface of the photoresist film.

22. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 18, characterized in that step (d) has the following steps:

d-1) formation of another photoresist film on the photoresist film and structuring of the same, thus forming a mask; and

d-2) selective removal of the intermediate layer-insulating film by the mask for the formation of the opening.

23. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 22, characterized in that step (d-2) has the following steps:

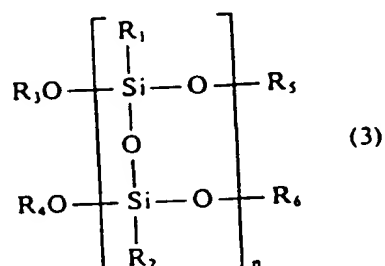
d-2-1) selective removal of the photoresist film; and

d-2-2) selective removal of the oxide film.

24. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 22, characterized in that the photoresist film

essentially is formed from a cured film of a silicone conductor-polymer, and step (d-2) has the following step:  
d-2-3) etching of the photoresist film and the oxide film by the same processing.

25. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 24, characterized in that the silicone conductor-polymer is expressed by the following formula:

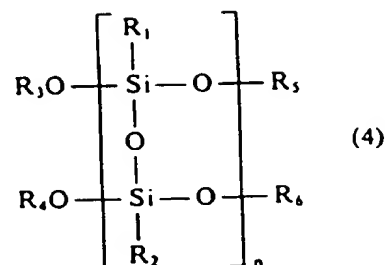


wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  stand for hydrogen atoms and lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  stands for a whole number between 5 and 1000.

26. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 18, characterized in that the photoresist film is photopolymeric and step (d) has the following steps:  
d-3) selective exposure of the photoresist film;  
d-4) selective removal of an unexposed part of the photoresist film for the formation of a mask; and  
d-5) selective removal of the oxide film by the mask to form the opening.

27. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 26, characterized in that the photoresist film

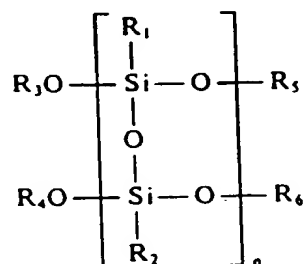
essentially consists of a silicone conductor-polymer, represented by the following formula:



wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  represent hydrogen atoms or lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  represents a whole number between 5 and 1000.

28. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 20, characterized by the fact that the photoresist film essentially consists of a silicone conductor-polymer, represented by the following formula:

/14



wherein  $R_1$  and  $R_2$  represent phenyl, lower alkyl or photosensitive groups;  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ , and  $R_6$  represent hydrogen atoms or lower alkyl or photosensitive groups; and  $n$  represents a whole number between 5 and 1000.

29. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 28, characterized in that step (d) has the following steps:

d-6) formation of another photoresist film on the photoresist film and structuring of the same, thus forming a mask; and  
d-7) selective removal of the intermediate layer-insulating film by the mask for the formation of the opening.

30. Method for the production of a semiconductor device according to Claim 28, characterized in that the silicone conductor-polymer is photopolymeric, and step (d) has the following steps:

d-8) selective exposure of the photoresist film; and  
d-9) selective removal of an unexposed part of the photoresist film for the formation of the opening.

[header on remaining pages:]

Drawings, page 1

Number: West German Patent No. 4,218, 495 A1

Int. Cl<sup>5</sup> : H 01 L 23/522

Laid-Open to Public Inspection: December 10, 1992

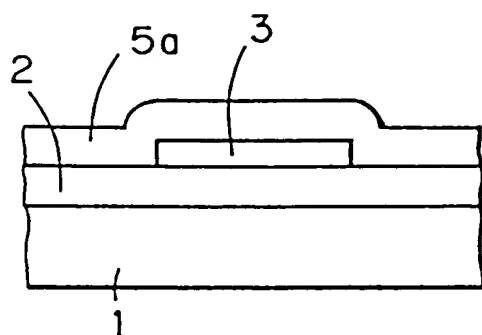


Figure 1

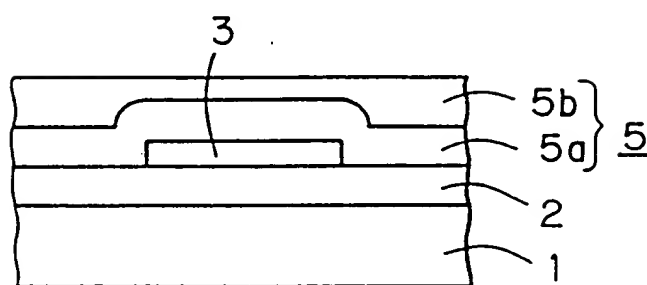


Figure 2

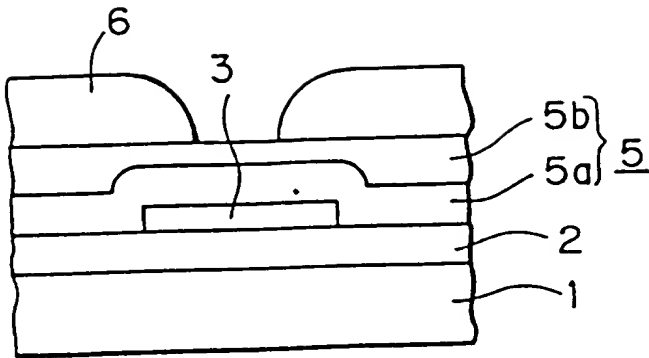


Figure 3

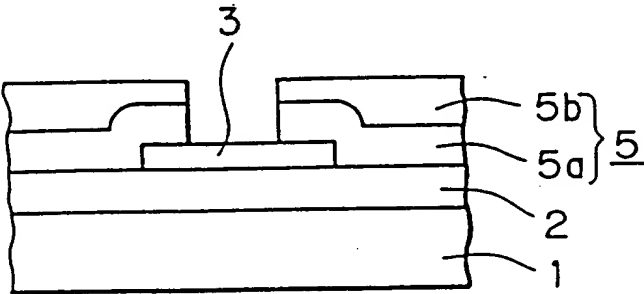


Figure 4

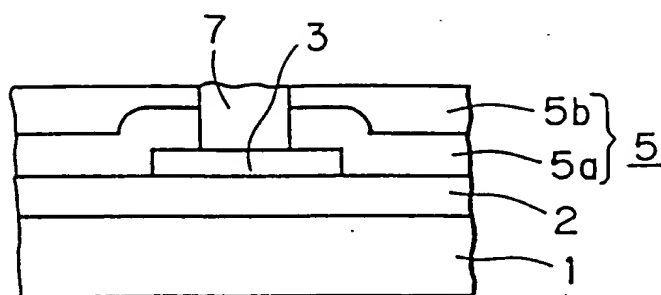


Figure 5

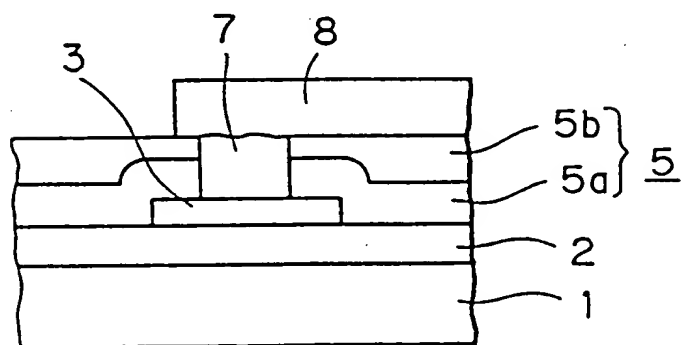


Figure 6

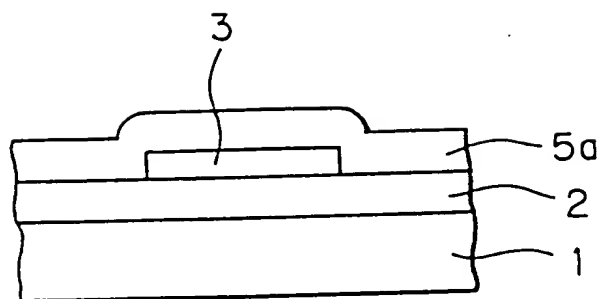


Figure 7

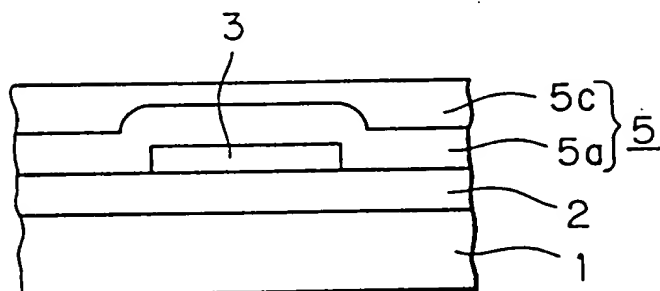


Figure 8

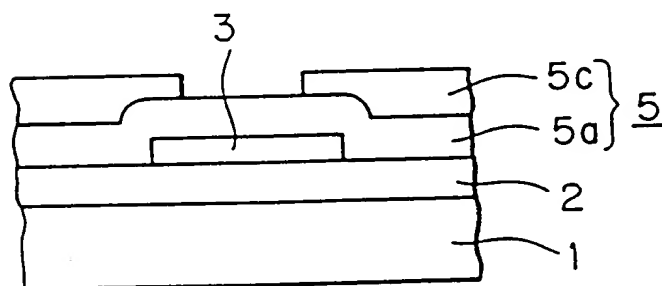


Figure 9



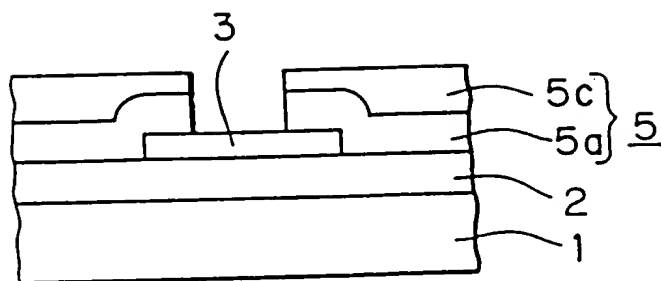


Figure 10

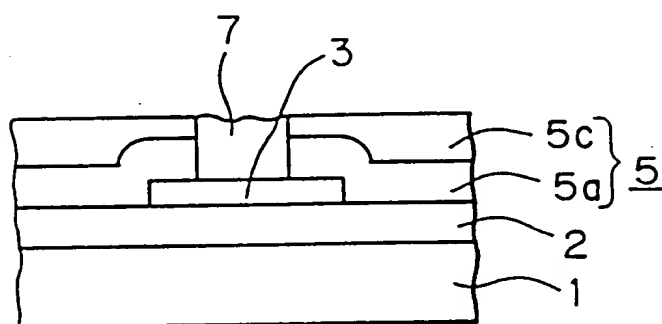


Figure 11

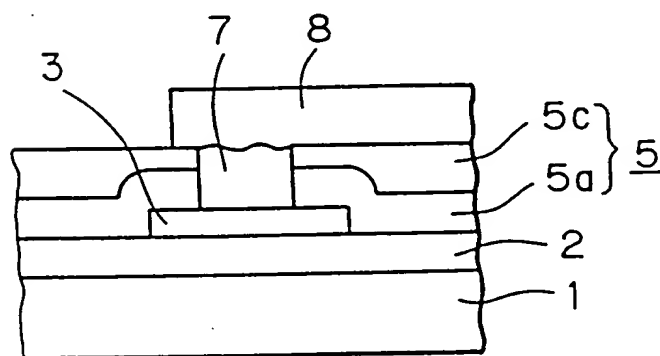


Figure 12

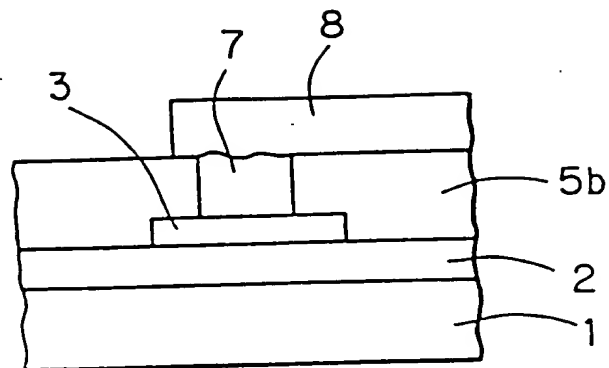


Figure 13

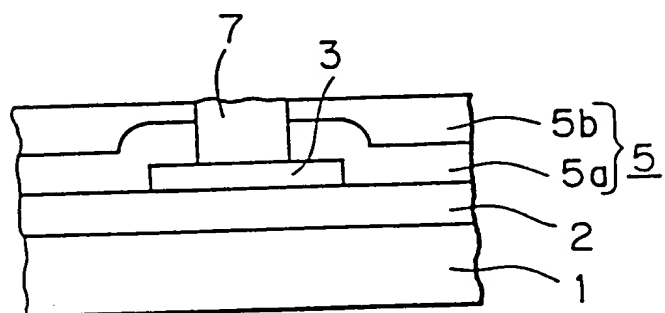


Figure 14a

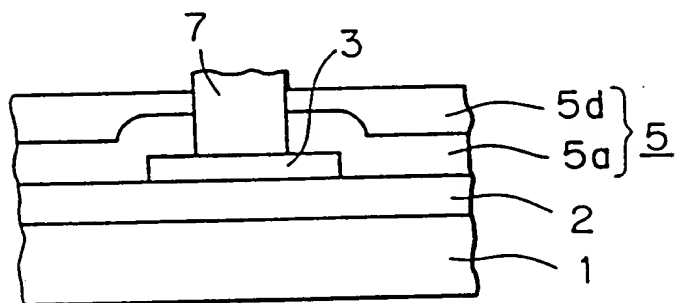


Figure 14b

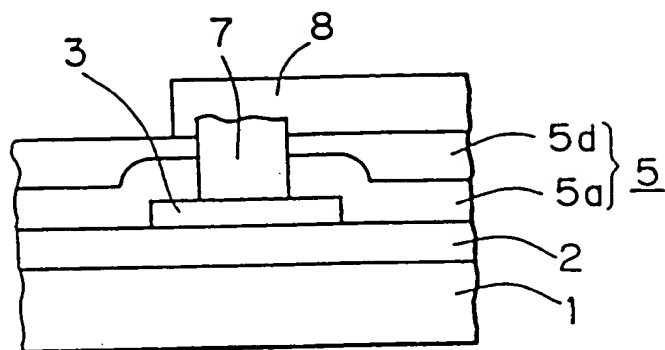


Figure 14c

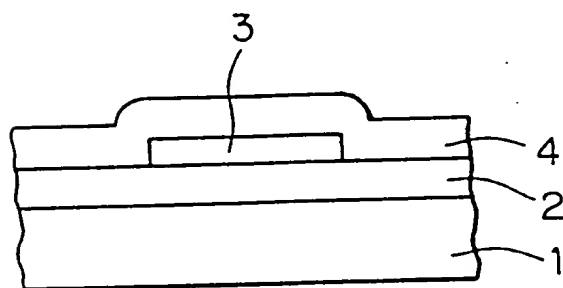


Figure 15

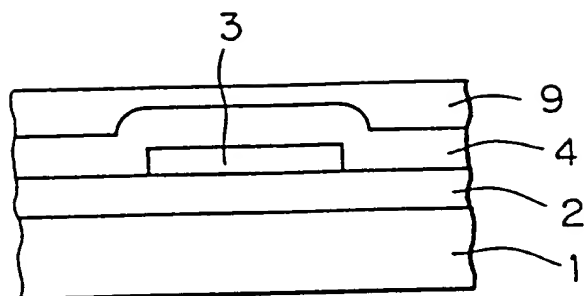


Figure 16

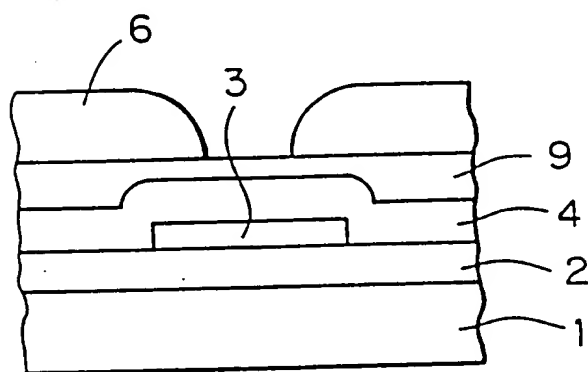


Figure 17

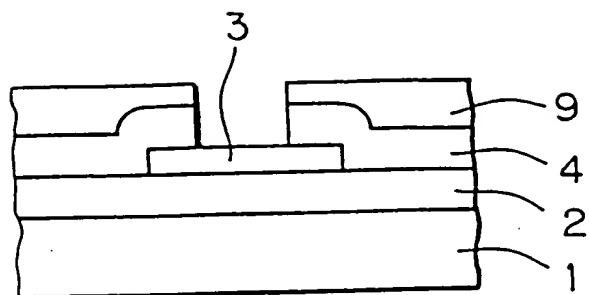


Figure 18

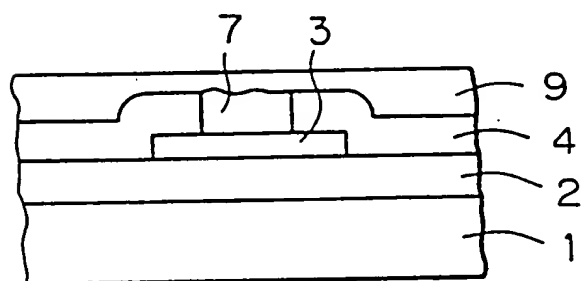


Figure 19

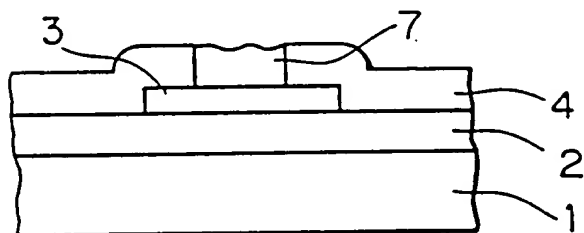


Figure 20

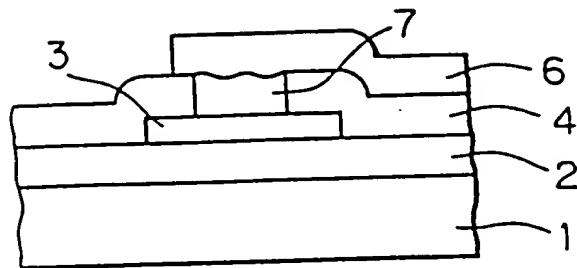


Figure 21

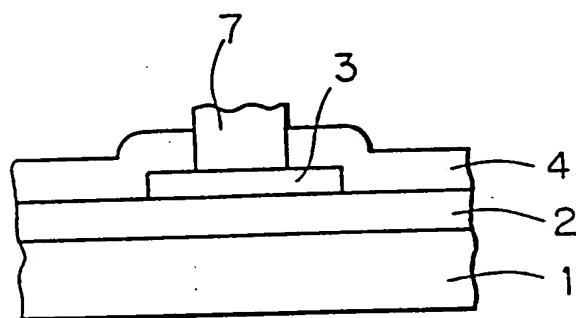


Figure 22a

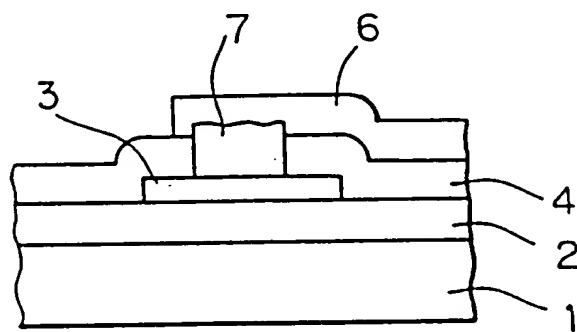


Figure 22b

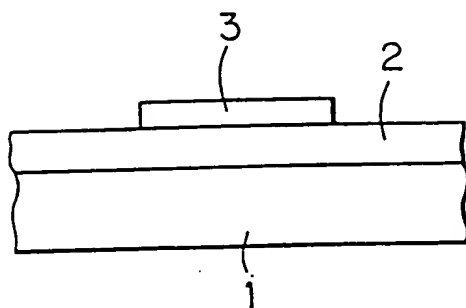


Figure 23a

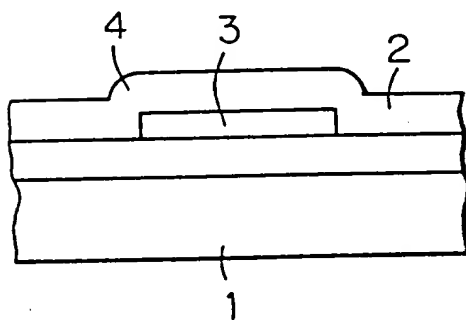


Figure 23b

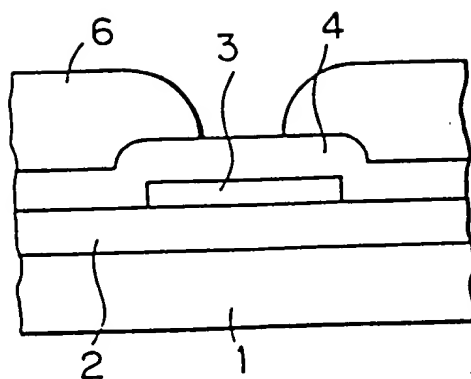


Figure 23c

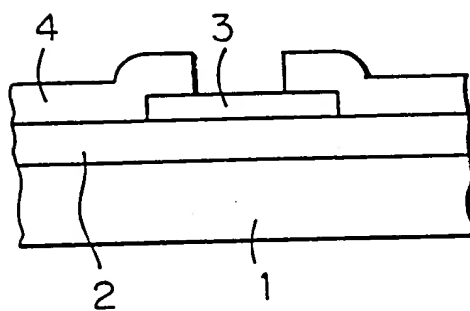


Figure 23d



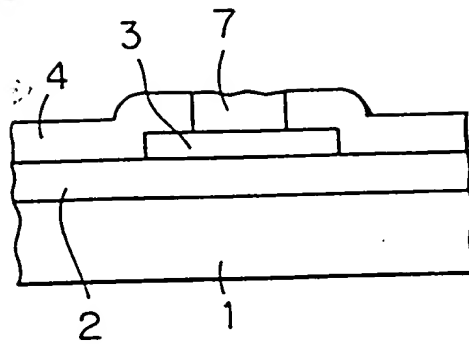


Figure 23e

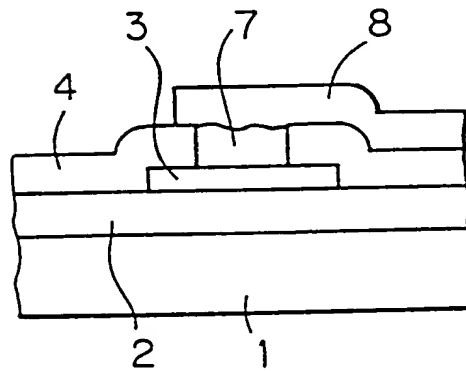


Figure 23f